



TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: **Boubacar Cissé**

Titulació:

Títol de Treball Final de Grau: Electrificació fotovoltaica de l'escola secundària de Badinko.

Director/a: J. I. Rosell Urrutia

Presentació

Mes: Juny

Any: 2020

Dedicatoria

*A mi hermana Harkia Cissé, nacida en mi segundo año de carrera,
por hacerme feliz con su ternura en esos años de grado.*

A toda mi familia, por su apoyo en todo.

Agradecimientos

Este trabajo marca un punto final a mi carrera como estudiante de grado de Ingeniería Mecánica Industrial. Han sido varios años de mucho esfuerzo, mucha dedicación y sacrificios. Llegar a este punto no hubiera sido nada posible sin el apoyo y la generosidad de mucha gente. Empezando por mis tutores de ESO y Bachillerato desde que llegué a España, ellos me dieron la base y coraje necesario para emprender este camino que hoy llega a su fin.

A Joan Ignasi, Rosell Urrutia; mi Tutor en este trabajo, por estar presente y aportarme el apoyo necesario, con buen trato, paciencia y siempre de buen humor.

A Montse Sans Capdevila; por ayudarme desde el principio de este trabajo, por todo el tiempo empleado en la revisión de este trabajo, abrirme la puerta de su casa y cuidarme. Por su apoyo en todos los niveles durante los últimos de mi carrera.

A Àngels Sendra Ferrer; de la *Oficina de Desenvolupament i Cooperació de la Universitat de Lleida*, por darme darme la asistencia necesaria para obtener financiación para este proyecto.

A Claudia Guals; Técnica de Energía fotovoltaica en la Cooperación alimentaria de Guissona. Por aportarme su apoyo y experiencia en los temas relacionados con la instalación fotovoltaica.

A mi familia; por creer en mí y estar presente en todo momento.

A Jeannette Jerome Honomou, por su apoyo y compañía.

A la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Lleida, en especial a Margarita Moltó y Magda Valls, por apoyo y amabilidad.

Finalment, agrair a Sr. Malick Koite, director de l'escola, per facilitar-me el retorn a la que va ser la meva escola. Per ser amable i deixar la escola a la meva disposició en tot moment.

Record etern a la memòria de Sr. Étienne Konaté, ex director i professor de l'escola. Mort en accident poc després de signar el document d'acceptació d'aquesta iniciativa.

Relación de documentos

1. Memoria
2. Cálculos de la instalación
3. Estudio Medio ambiental
4. Seguridad y Salud
5. Pliego de condiciones
6. Presupuesto
7. Planos

Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko.

Memoria

Alumno: Boubacar Cisse

Tutor: Joan I. Rosell


Documento I: Memoria

Sumario

0. ANTECEDENTES.....	5
1.- HOJA DE IDENTIFICACIÓN.....	6
2.- INTRODUCCIÓN.....	7
3.- VENTAJAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	7
4.- OBJETO Y ABASTO.....	7
5.- DESCRIPCIÓN, SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA ESCUELA.....	8
6.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	8
6.1.- Instalación integral en la cubierta con Bosch solar Module C-SI M 60.....	9
6.2.- Instalación con la orientación e inclinación óptimas de módulos cristalinos.....	9
7.- EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS Y OPCIONES A ESCOGER.....	10
8.- SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR.....	11
8.1.- Captación fija.....	11
8.2.- Descripción de la instalación solar fotovoltaica.....	12
8.2.1- Emplazamiento de los módulos.....	13
8.2.2.- Marco legal de la instalación.....	13
8.2.3.- Módulos fotovoltaicos.....	14
8.2.4.- Reguladores.....	15
8.2.5.- Inversores.....	16
9.- PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE LOS MÓDULOS CRISTALINOS.....	16
10.- PLANIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	17
11.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	17
12.- NORMATIVA APLICADA.....	22
13.- REFERENCIAS.....	24

Índice de figuras

Figura 1: Esquema sistema fotovoltaico de autoconsumo.....	5
Figura 2: Vista lateral edificio sala de profesores.....	9
Figura 3: Vista planta google maps complejo escolar.....	9
Figura 4: Vista lateral del bloque de salas docentes.....	13
Figura 5 Vista de Sketchup reconstrucción del complejo escolar.....	13
Figura 6: Inversor regulador de marca voltronic de 5 kVA de potencia.....	15

MEMORIA Doc 1/7 pág. 5/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

0. ANTECEDENTES

Este proyecto final de carrera se redacta con la finalidad de proveer de energía fotovoltaica una escuela de estudios secundarios. La energía producida será usada con el fin de cubrir las necesidades eléctricas existentes. El presente proyecto recoge datos del proyecto de movilidad curricular de la *DEC (DESENVOLUPAMENT I COOPERACIÓ) de la UdL* que se hizo durante el mes de setiembre del 2019 con el cual se recogió información y se hizo un estudio de viabilidad del presente.

La normativa actual permite realizar instalaciones fotovoltaicas de gran eficiencia para el auto consumo proveniente de la energía eléctrica solar renovable. Este proyecto es redacta con la idea de electrificar, con instalación fotovoltaica con sistema de acumulación de energía, una escuela secundaria situada en el centro oeste de Mali, en la población de Badinko. Aprovechar la energía solar, gratuita, renovable y limpia, para generar electricidad es una de las mejores soluciones a la que podemos acudir para reducir gastos de consumo eléctrico y cuidar del medio ambiente.

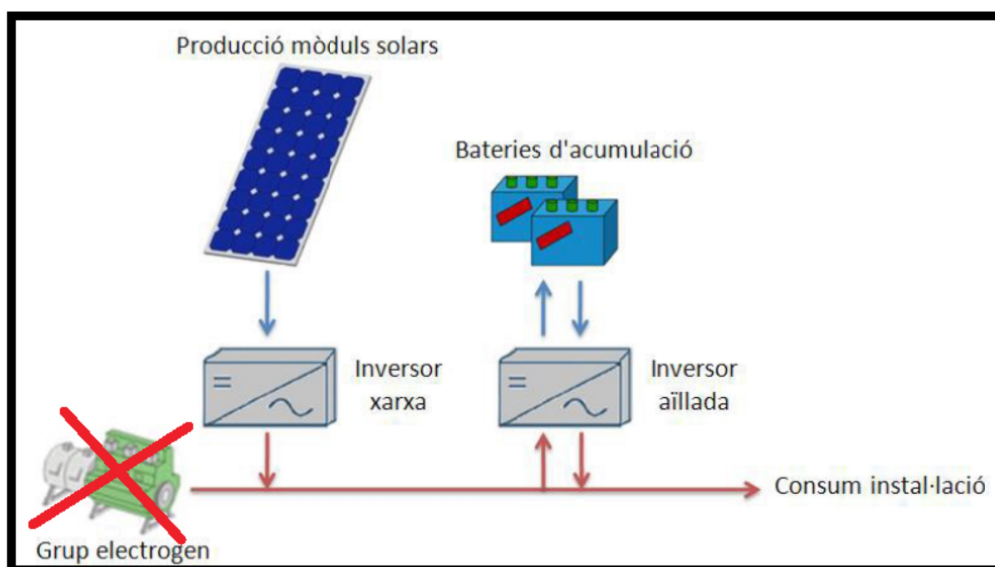


Figura 1: Esquema sistema fotovoltaico de autoconsumo

MEMORIA

Doc 1/7 pág. 6/25

Proyecto de electrificación fotovoltaica
de la escuela secundaria de Badinko

Boubacar Cissé



Universitat de Lleida
Escola Politècnica Superior

1.- HOJA DE IDENTIFICACIÓN

Título del proyecto: Proyecto de electrificación fotovoltaica de una escuela secundaria a Mali.

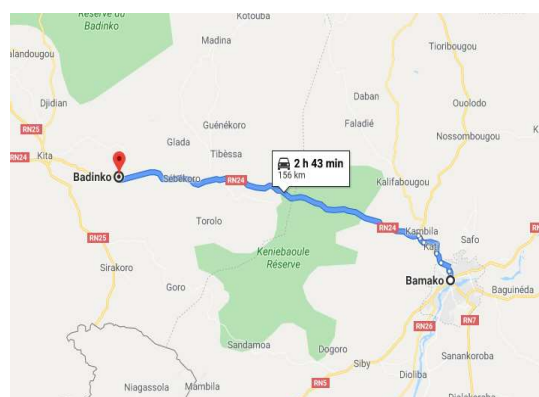
Situación geográfica: Badinko, Región de Kayes, Mali

Latitud: 12,97° N

Longitud: - 9.22° W


Autor: Boubacar Cissé

Tutor: Joan Ignasi Rosell Urrutia



Lleida, Junio 2020

Fdo: Boubacar Cissé

MEMORIA Doc 1/7 pág. 7/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	---

2.- INTRODUCCIÓN


El sobreconsumo energético actual y global constituye la primera causa del rápido agotamiento de los recursos fósiles convirtiéndose así, en uno de los retos más difíciles para la sociedad actual. Hoy se pretende encaminar una vía alternativa al uso de combustibles fósiles, siendo la energía solar de las más apreciadas por sus características de casi cero emisiones de CO₂. El nuevo sistema energético, pone en valor el aprovechamiento de todas aquellas vías a través de las cuales se puede producir energía en base a recursos renovables. El uso de las diferentes tecnologías para la transformación de los rayos solares en electricidad ha permitido aumentar el rendimiento de los paneles solares, que hoy se sitúan alrededor de 17%. Además de contribuir en la reducción de emisiones de gases contaminantes y destructores de la capa de ozono, permite un desarrollo sostenible y respetuoso del medio ambiente.

3.- VENTAJAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Se trata de un sistema modular lo cual hace posible que sea flexible y sencillamente adaptable para distintos usos. La vida útil viene determinada por los materiales y elementos constituyentes del sistema. Básicamente, los módulos, el acumulador y otros componentes electrónicos en algunos casos sustituibles con facilidad. Generalmente, los fabricantes y proveedores ofrecen garantías de hasta 25 años con un rendimiento medio de entre 85 y 90% para los módulos. Las instalaciones que poseen un mantenimiento adecuado pueden tener una vida útil de hasta 40 años. Es un sistema de bajo coste de instalación y mantenimiento, silencioso y limpio.

4.- OBJETO Y ABASTO

El presente proyecto tiene como objeto instalar la potencia eléctrica, fotovoltaica, necesaria para electrificar la escuela secundaria de Badinko, permitiendo así, el uso de equipos electrónicos en la docencia. Toda la potencia será proporcionada por paneles fotovoltaicos totalmente aislados de la red. El dimensionamiento de la instalación, que se llevará a cabo en este proyecto, y las normativas aplicadas en el mismo se adecuarán a criterios europeos al tratarse de un proyecto de fin de carrera, aunque la finalidad sería la ejecución del proyecto fuera de este continente.

MEMORIA Doc 1/7 pág. 8/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

5.- DESCRIPCIÓN, SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA ESCUELA.


La escuela secundaria de Badinko está situada al sudoeste del pueblo. Formada por un total de 3 edificios docentes de 3 aulas por edificio y 2 módulos destinados a la gestión, dirección, documentación y salas para profesores, 3 lavabos y 2 cuartos de uso diverso. Las dimensiones de los bloques se detallan como sigue:

- Bloque 1: 35 x 12 m
Está compuesto por 3 salas docentes de secundaria y se sitúa al norte del complejo escolar.
- Bloque 2: 32 x 12 m
Está compuesto por 3 salas docentes de secundaria y se sitúa al noreste del complejo escolar.
- Bloque 3: 36 x 12 m
Está compuesto por 3 salas docentes de primaria y se sitúa al centro-este del complejo escolar.

6.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Se estima que la población de Badinko es de 14.000 habitantes y una superficie de 6 km² aproximadamente (según [google maps](#)). Aunque una de las líneas eléctricas principales del país pasa tangente al pueblo, Badinko no ha podido ser electrificado hasta la fecha. Por lo tanto, se imposibilita la opción de la conexión directa a la red o combinada con el sistema fotovoltaico.

Otra posibilidad sería con un grupo electrógeno. Esta posibilidad conlleva el uso sin alternativa de combustibles fósiles. Esta opción resultaría más cara por inversión fija y variable. El precio del combustible a Mali es relativamente cercano al europeo, aunque no se asegura la misma calidad. Un grupo electrógeno que proporcione la potencia requerida para esta instalación tendría un consumo diario alto en combustible, al tener en cuenta el precio del carburante, resultaría insostenible para el presupuesto de la escuela. Es una solución totalmente contraria a la idea de un sistema respetuoso al medio ambiente. Tiene una vida útil más corta que las placas fotovoltaicas por las características climáticas severas y la poca calidad de los combustibles. El

MEMORIA Doc 1/7 pág. 9/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

mantenimiento para este tipo de equipos sería más costoso y requeriría la presencia constante de un especialista.

6.1.- Instalación integral en la cubierta con Bosch solar Module C-SI M 60.

La idea principal de esta instalación es aprovechar lo máximo posible la radiación solar disponible. Las trayectorias solares hacen que, para conseguir el máximo de horas solares, la inclinación de las placas debe ser mínima. También se tendrá en cuenta la integración arquitectónica para causar un mínimo de impacto visual, aunque esta consideración es secundaria en este proyecto. La cubierta de la sala de profesores será la ubicación donde se instalarán los módulos. Esta es una de las formas para conseguir una mejor integración en el edificio, reducir los efectos de calor en la cubierta al impedir una incidencia directa de la radiación solar. También reduce los costos de instalación ya que se reduce la necesidad de estructura metálica de soporte.




Figura 2: Vista lateral edificio sala de profesores



Figura 3: Vista planta google maps complejo escolar

6.2.- Instalación con la orientación e inclinación óptimas de módulos cristalinos.

Esta alternativa presenta un poco más de dificultad en cuanto a la ejecución de la instalación, ya que para orientar e inclinar los módulos en condiciones óptimas, se requiere una estructura metálica de soporte orientable. Los módulos se instalan de forma paralela, para conseguir una orientación hacia el sur por lo tanto, no habrá variación de la orientación de los módulos respecto al techo ya que está tiene orientación al sur. La inclinación será fija igual que la orientación. En el caso de la primera, esta será de 16° por ser la óptima. Esta solución se escoge por dos motivos:

MEMORIA Doc 1/7 pág. 10/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--


la situación geográfica de la instalación hace que la inclinación óptima del módulo sea de unos 16° aproximadamente en términos de producción media anual. Siendo la inclinación del techo de unos 10°, no conllevará grandes esfuerzos conseguir la inclinación óptima que maximizaría la producción anual del sistema. Por otra parte, se consigue un ahorro importante en términos económicos por el no uso del sistema de seguimiento solar. Los módulos de silicio monocristalino tienen un rendimiento más elevado y una vida útil más larga que otros tipos. En este caso se debe tener en cuenta las cargas que debe soportar la estructura de la cubierta del edificio al poner encima el generador fotovoltaico. También se deben tener en cuenta las cargas de viento y nieve (aunque la posibilidad de que nieve en esta región de África es casi nula) que tienen que soportar los módulos y su estructura de sujeción.

7.- EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVAS Y OPCIONES A ESCOGER.

La orientación óptima para los módulos con el objetivo de conseguir la máxima producción energética, tanto en el caso de la instalación en el techo del edificio como en el caso de la instalación en el suelo, no supondría una inversión inicial costosa. Se necesitaría una estructura de soporte metálica que permitiese esta inclinación a la adecuada orientación. El presupuesto final aproximado para la estructura metálica de soporte desde el suelo no se ha calculado en este proyecto debido a que la instalación en el suelo es descartada por motivos de seguridad. Para la instalación en el techo, se prevé una integración arquitectónica, cosa que implicaría instalar los módulos con una inclinación muy cercana a la del techo ya existente. La situación geográfica de Mali, permite un rendimiento muy alto de los paneles hasta con una inclinación de cero grados.

En este proyecto no se da la posibilidad de realizar un estudio de comparación con el precio de la electricidad de la red eléctrica puesto que la población de Badinko no está electrificada.

En cuanto a la posibilidad de otras alternativas, se podría plantear la posibilidad de otros sistemas, que en este proyecto podría ser a través de un grupo electrógeno. En este último caso, a parte de la existencia de la problemática de la contaminación atmosférica, también existe los altos costos del precio del carburante necesario para su funcionamiento diario también, costes difíciles de asumirse por el presupuesto de la escuela, y por lo tanto, queda excluida como posible alternativa.

MEMORIA Doc 1/7 pág. 11/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

8.- SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR.

El sistema de captación solar será condicionado por varios factores para conseguir un rendimiento óptimo. Se debe tener en cuenta las características geográficas de la zona, las cuales nos permitirán hacer un diseño adaptado de la instalación reduciendo costos, haciendo posible un rendimiento alto, mínimo mantenimiento y una alta vida útil. Se necesita de conocimiento avanzados de la zona en definitiva para y un estudio de la captación solar que podrá ser llevado a cabo atendiendo a factores astronómicos, meteorológicos y geográficos que influyen en el proceso de captación solar.

La captación solar para su conversión en energía eléctrica se realiza mediante campos solares. La energía producida por un sistema fotovoltaico depende de forma directa de:

- Superficie total de captación
- Localización geográfica
- Orientación e inclinación de los módulos
- Tipos de sistema de captación (fija o móvil)
- Tipos de módulos.

Del conjunto de esos factores, la superficie total viene condicionada esencialmente por: la ubicación geográfica y la potencia útil requerida. Aunque, tanto la potencia como la superficie también dependen directamente la orientación e inclinación y tipo de sistema.

8.1.- Captación fija.

La captación es aquella en la se capta la energía solar a través de módulos fotovoltaicos fijos en una estructura de soporte, que en general es una estructura metálica. Esta estructura es inmóvil y no permite cambiar ni la orientación ni la inclinación de los módulos a lo largo del tiempo. Es el sistema menos complejo de instalar módulos ya que no se requiere de mecanismos motorizados ni programas informáticos que controle el sistema de giro.

Por otra parte, es importante a notar que, dependiendo de la zona geográfica en que nos encontremos, el sistema de captación fija puede rendir muy por debajo del potencial del sistema debido a los radicales cambios en las trayectorias solares. Eso

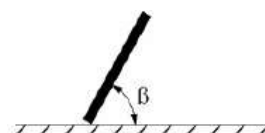


es debido a que los paneles solares rinden lo máximo cuando los rayos solares inciden en ellos, con un ángulo de 90° . Por lo tanto, en toda instalación de fotovoltaica de tipo fija, se debe buscar la posición (orientación e inclinación) que optimice el aprovechamiento solar en términos medios.

Las dadas meteorológicas para la zona concreta de Badinko no son fáciles de conseguir ya que se trata de un país muy subdesarrollado. Los análisis de las trayectorias solares se harán mediante el programa **PVSYSTEM**.

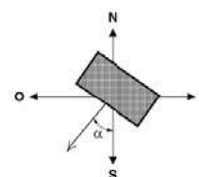
Inclinación óptima de los módulos

$$\beta = 16^\circ$$



Orientación óptima de los módulos

$$\alpha = 0^\circ$$



8.2.- Descripción de la instalación solar fotovoltaica.

Para la instalación del generador fotovoltaico se usará la superficie de la cubierta de la sala de profesores situada al noreste. Esta cubierta posee suficiente espacio para la instalación de la potencia requerida. En total, dispone hasta unos **27,5 m²** útiles, suficientes para la captación de energía para suministrar la potencia que se requiere.

Se requiere la instalación de un total de 12 módulos fotovoltaicos de 250 Wp de potencia para abastecer a todo el complejo. Se dispondrá de 4 filas de 3 módulos en serie cada fila. Toda la energía producida se almacenará en baterías de **48 voltios**. De las baterías se conecta directamente un inversor/cargador de la marca Voltronic de una potencia de 5 kVA que realizará la doble tarea de regular la función de carga de las baterías para dar autonomía al sistema en ausencia de sol y convierte en alterna la corriente continua proveniente de las baterías y suministra la energía para el uso de los equipos.

La instalación será monofásica conforme a lo que establece la RD 1699/2011 la cual exige un formato trifásico sólo para instalaciones de potencia superiores a 5 kW y para el suministro de equipamientos.

Los módulos fotovoltaicos se adaptarán en la cubierta del edificio procurando que causen el mínimo de alteraciones en él. Se alinearán a la orientación del techo (Norte-Sur). La estructura de soporte deberá proporcionar la seguridad suficiente evitando posibles levantamientos por viento. Aunque el centro escolar dispone de agentes de seguridad, la estructura de soporte metálico deberá proporcionar cierta seguridad antirrobo dificultando su desmontaje.

La estructura se asentará directamente en el techo y se sujetará a las correas inferiores del mismo. La inclinación y la orientación de los módulos es buena, casi no habrá problemas de sombras y la producción solar será cercana al óptimo.

Para reducir las pérdidas energéticas por caída de tensión, los cables serán los suficientemente gruesas en el tramo que va de los paneles a las baterías.

8.2.1- Emplazamiento de los módulos

Toda la instalación se montará en la cubierta del bloque del edificio de los profesores situado al noreste del complejo escolar, como se puede ver en la figura 5, de forma estratégica para reducir al máximo los metros de cableado. Se usará únicamente corriente alterna proveniente del inversor para toda la instalación.




Figura 5 Vista de Sketchup reconstrucción del complejo escolar.



Figura 4: Vista lateral del bloque de salas docentes

8.2.2.- Marco legal de la instalación.

La instalación solar propuesta se recoge a la modalidad de autoconsumo de tipo 1 de la RD 900/2015 siendo una instalación no dada de alta el registro correspondiente

MEMORIA Doc 1/7 pág. 14/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

como a instalación de producción. Por ese motivo, la instalación no podrá vender excedente de producción ni a particulares ni a ninguna compañía comercializadora.

La instalación, por lo tanto, cumple la resta de requisitos para poder ser clasificada como instalación fotovoltaica de tipo 1 por la RD 900/2015.

- La potencia contratada será inferior o igual a 100 kW.
- La suma de las potencias instaladas de generación debe como máximo la potencia contratada del consumidor. Por lo tanto, no debe llegar a superarla nunca.
- El titular del punto de suministro debe ser el mismo que el de los equipos de consumo e instalaciones de generación conectadas a su red.


En ese caso particular se trata de la electrificación de una escuela pública, por ese motivo no se contempla de la comercialización de la excedentes de producción ni de su uso posterior por terceros u otro fin que no sea estrictamente académico.

8.2.3.- Módulos fotovoltaicos.

El módulo fotovoltaico es el BOSCH SOLAR MODULE c-SI M 60 de la serie EU30117 I EU30123 del conocido fabricante alemán de equipos electrodomésticos e industriales Bosch, con una potencia de nominal de 250 Wp + 5% de tolerancia positiva. Estos módulos son de tipo Silicio cristalino y se adaptan a las características de este proyecto. Está fabricado con materiales de alta calidad y seguridad.

Los paneles solares cumplen con las normativas europeas y están homologadas según normas anodizados nombradas en este proyecto. Posee 10 años de garantía contra defectos de fabricación y 25 años de garantía de producción. La tecnología de fabricación de estos módulos ha superado las pruebas estrictas de homologación para garantizar una alta resistencia a la intemperie y un elevado aislamiento entre sus partes eléctricamente activas y accesibles externamente.

El panel está formado por un robusto marco de aluminio anodizado con un vidrio templado de bloqueo de rayos UV. El encapsulado es totalmente estanca y está formado por una lámina de Tedlar en la parte inferior del panel, bordeado de EVA asegurando de esta forma la estanquidad. La caja de conexiones esta situada a la apartate inferior del panel y incorpora diodos de derivación.

MEMORIA Doc 1/7 pág. 15/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

8.2.4.- Reguladores.

Dadas las características de la instalación, se prevé que una concentración de producción en ciertas horas no lectivas y de forma paralela una bajada del consumo. Se establece por lo tanto la necesidad de regular el flujo de energía entre el conjunto generador y el sistema de almacenamiento, que desconecta los dos sistemas el momento en que se haya el sistema de almacenamiento saturado, imposibilitando los efectos de sobrecalentamiento.


La solución para este proyecto se haya en el siguiente regulador.

Salida onda senoidal pura.

- *Factor de potencia de salida 1.0. (Potencia nominal: 5000VA/5000W)*
- *Incorpora controlador de carga solar MPPT de hasta 80 A.*
- *Amplio rango de entrada de CC*
- *Compatible con la tensión de la red o del generador de potencia (Grupo electrógeno).*
- *Protección de Sobrecarga y de Cortocircuitos.*
- *Corriente de carga de alta potencia seleccionable*
- *Rango de voltaje de entrada seleccionable para electrodomésticos y ordenadores personales*
- *Configurable AC / Solar prioridad de entrada a través de la configuración del LCD*



Figura 6: Inversor regulador de marca voltronic de 5 kVA de potencia.

MEMORIA Doc 1/7 pág. 16/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

8.2.5.- Inversores.

Los inversores transformen la corriente continua (DC) provenientes de las baterías y de los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (AC) para luego inyectarla en la red de distribución interna. Son dispositivos capaces de adaptar la tensión de salida a la de la red interna ofreciendo la garantía de la onda sinusoidal. A partir de ciertas cotas de radiación solar, son capaces de transformar en corriente alterna toda la potencia que proveniente del generador solar en todo momento. Los inversores aportan una garantía de seguridad para las personas, al ser capaces de desconectar y conectar automáticamente la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de voltaje o de frecuencia a la red de distribución. Así se evita el funcionamiento en isla. Además, incorporan protecciones contra polarizaciones inversas, sobre tensiones, cortocircuitos y fallos de aislamiento, con desconexión automática. Garantizan la seguridad de las personas y la instalación.


El inversor elegido para este proyecto es el (veure la Figura 6: Inversor regulador de marca voltronic de 5 kVA de potencia.)

9.- PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE LOS MÓDULOS CRISTALINOS.

Tabla 1: Presupuesto de la instalación fotovoltaica.

Numeración	Partida	Costo
01	Instalación	7.620,00 €
02	Cableado	675,68 €
03	Estructura de soporte	540,58 €
04	Puesta de tierra	43,34 €
05	Equipamientos	143,45 €
06	Mano de obra	150 €
Total		9.173,05 €

NUEVE MIL CIENTO SETENTA Y TRES EUROS CON CINCO CÉNTIMOS (9.173,05 €).

MEMORIA Doc 1/7 pág. 17/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

10.- PLANIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

Una aproximación del tiempo necesario para la instalación y montaje de la instalación fotovoltaica es necesaria para poder planificar los costes de mano de obra y los trabajos de la instalación en sí mismo.

Los diagramas de GANTT muestran las diferentes tareas a llevar a cabo para la ejecución de la cada una de las partes de la instalación con tiempo asignado a cada tarea. Las tareas, ordenadas cronológicamente, para cada instalación son las siguientes.

Tabla 2: Planificación de las obras de instalación.


Descripción de la tarea	Tiempo de ejecución
Recepción e instalación de la estructura de soporte metálico.	2 días
Recepción e instalación de los módulos.	3 días
Recepción e instalación del inversor, las baterías y cableados.	
Conexión de los inversores	
Instalación y conexión de las líneas derivadas.	1 día
Instalación y conexión de las protecciones en los cuadros.	
Instalación y cableado de otros equipos.	
Conexión puesta a tierra.	1 día
Puesta en marcha y comprobación de la instalación.	

En total, se prevé un tiempo de realización de la instalación de unos 7 días.

11.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Inversores

Las siguientes actividades se pueden realizar para mantener los inversores, básicamente son parecidos a las especificaciones y recomendaciones del fabricante, siendo algunas de las operaciones que se pueden realizar las siguientes:


MEMORIA Doc 1/7 pág. 18/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Revisar y asegurar de forma visual (pudiendo tocar con el dedo) que las conexiones sigan bien hechas, en caso de un mal contacto de algún terminal, puede producirse caídas de tensiones, riesgo de cortocircuito y mal funcionamiento generalizado de la instalación.
- Comprobar que la ventilación de la sala sea la correcta para evitar la acumulación de gases por los acumuladores.
- Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos electrónicos.
- Comprobar que no exista ninguna alarma de mal funcionamiento de la instalación.
- Control del funcionamiento de los indicadores.
- Medición de eficiencia y distorsión armónica.
- Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.
- Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos.

Reguladores

Como en el caso del inversor, también se deberá tener en cuenta las recomendaciones y especificaciones del fabricante de este dispositivo. Las operaciones que se llevarán a cabo para mantener el regulador en buen estado durante su vida útil son las siguientes:

- De forma visual revisar que las conexiones sigan bien hechas.
- Comprobar que la ventilación de la sala sea la correcta para evitar la acumulación de gases por los acumuladores.
- Asegurarse de que la temperatura es la adecuada para evitar posibles daños en los circuitos electrónicos.
- Control del funcionamiento de los indicadores.
- Comprobar posibles caídas de tensión entre los terminales.
- Si existiera acumulación de polvo o suciedad, limpiar bien los dispositivos.

MEMORIA Doc 1/7 pág. 19/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Acumuladores


El acumulador es el elemento de la instalación solar fotovoltaica que más mantenimiento necesita, debido a su composición química, pudiendo ser muy perjudicial para el resto de dispositivos y las personas. Algunas de las acciones que se pueden realizar para mantener los acumuladores en buen estado son las siguientes:

- Control del funcionamiento de la densidad del líquido electrolítico.
- Inspección visual del nivel de líquido de las baterías. Es altamente recomendable que esta inspección se lleve a cabo de forma trimestral y por un técnico.
- Comprobación de las terminales, su conexión y engrase.
- Comprobación de la estanqueidad de la batería.
- Medición de la temperatura dentro de la habitación.
- Comprobación de la ventilación.
- Mantener la limpieza de la ubicación de los acumuladores.
- En caso de sustitución de alguna batería, deberá ser reemplazado por una del mismo tipo, marca y modelo.

Cableado y canalizaciones

Para realizar el plan de mantenimiento del cableado con el fin de su simplificación se estudiará por zonas. Cuadros de conexión:

- Comprobación del estado del aislamiento del cable.
 - Comprobación de la correcta conexión del cableado en los bornes de conexión.
 - Comprobación visual del buen estado del cuadro o caja de conexión, con el fin de conservar sus propiedades de estanqueidad.
 - Inspección visual de las señales de los cables y de las señales de advertencia.
- Conexión entre módulos:
- Comprobación del estado del aislamiento del cable.
 - Comprobación de la correcta conexión del cableado en los bornes de conexión.

MEMORIA Doc 1/7 pág. 20/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Comprobación visual de que los módulos están conectados correctamente, de acuerdo con el presente proyecto. Canalizaciones:
- Comprobar el buen estado del conducto o canalización.
- Comprobar que los conductos no estén obstruidos por cuerpos extraños y de ser así, eliminar esta obstrucción.
- Comprobar el buen aislamiento de los cables que circulan por cada uno de ellos.
- Asegurarse de que por cada canalización va el circuito correcto, cumpliendo lo expuesto en el presente proyecto.

Protecciones


Las protecciones son otro de los puntos clave de cada instalación, debido a que un fallo en estos elementos puede provocar un daño material o poner en peligro la integridad de los usuarios de la instalación. Por tanto algunas de las actividades que se deben de realizar para que esto no ocurra son las siguientes:

- Control del buen funcionamiento de los interruptores.
- Inspección visual del buen estado del conexionado.
- Control del funcionamiento y de actuación de los elementos de seguridad y protecciones como fusibles, puestas de tierra e interruptores de seguridad.
- Realización de pruebas en cada uno de los elementos de la instalación solar fotovoltaica, debido a que cada uno de ellos lleva incorporado una serie de protecciones.

Puesta a tierra

Para asegurar una buena circulación de las corrientes de defecto a tierra, se debe de realizar el mantenimiento de esta parte de la instalación. Las actividades que se deben de realizar son las siguientes:

- Revisión anual en la época en el que el terreno se encuentre más seco.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra.

MEMORIA Doc 1/7 pág. 21/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

- Medición de la resistividad del terreno.
- Comprobación de la continuidad de la instalación a tierra.
- Comprobación de todas las masas metálicas a tierra.
- Revisión cada 5 años de los conductores de enlace del electrodo con el punto de puesta a tierra.

Estructura soporte


Comprobar la estructura visualmente con posibles daños o desperfecto causados por la oxidación o por algún agente ambiental.

- Comprobación de que los paneles fotovoltaicos estén bien sujetos a esta.
- Comprobación de que la orientación de estas estructuras sea la adecuada cumpliendo lo expuesto en el presente proyecto.
- Comprobación de que las cimentaciones que sujetan estas estructuras estén en buen estado.

Paneles solares


Con objeto de un rendimiento óptimo de la instalación, el buen mantenimiento de los generadores fotovoltaicos es imprescindible. Para tal fin debemos de realizar lo siguiente:

- Se realizará una inspección visual de la limpieza de estos paneles. En caso de que la acumulación de polvo y suciedad sea elevado, se realizará una limpieza de la superficie.
- Inspección visual de posibles deformaciones, oscilaciones y estado de la conexión a tierra de la carcasa.
- Realización de un apriete de bordes y conexiones y se comprueba el estado de los diodos de protección o antiretorno que evitarán el efecto isla, explicado con anterioridad en la presente memoria.
- Realización de una medición eléctrica para comprobar el rendimiento de los paneles.
- Inspección visual de posibles degradaciones, indicios de corrosión en las estructuras y apriete de los tornillo.


MEMORIA Doc 1/7 pág. 22/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

12.- NORMATIVA APLICADA.

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- *Real Decreto 7/1988*, de 8 de enero relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser usado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- Reglamento electrodoméstico de Baja Tensión (REBT) 842/2002 del 2 de agosto.
- Instrucciones Técnicas Complementarias ITC BT 2, 03, 04, 05, 06, 08, 10, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30 y 40.
- Normas Básicas de Edificación (NBE).
- Real Decreto 154/1995, del 3 de Febrero, por lo que se modifica el Real Decreto 7/1988, de 8 de Enero, por lo que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- RD 1955/2000 de 1 de Diciembre por lo que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Instrucción 7/2003 de 9 de Septiembre de la Dirección General y Minas sobre el procedimiento administrativo para la aplicación del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión mediante la intervención de las Entidades de Inspección y Control de la Generalidad de Cataluña.
- Real Decreto 1580/2006, de 22 de Diciembre, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.

MEMORIA Doc 1/7 pág. 23/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Real Decreto - Ley 900/2015, de 9 de Octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo.
- Pliego de condiciones técnicas recomendadas por el IDAE, dependen del Ministerio de Industria, en referencia a las condiciones técnicas que debe cumplir las instalaciones fotovoltaicas.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo (L35 / 1991).
- RD 2818/1998 (Anexo 1), de 13 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fondos de energías renovables, residuos y cogeneración.
- • RD 2224/1998, del 16 de octubre, por el que se establece el certificado de profesionalidad de los instaladores de sistemas fotovoltaicos de pequeña potencia.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Ley 30/1992, y las normas de desarrollo UNE y PNE:
- UNE-EN 61173: 98 "Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos".
- UNE-EN 61727: 96 "Sistemas fotovoltaicos: Características de la conexión a la red eléctrica".
- UNE-EN 50330-1 "Convertidores fotovoltaicos de semiconductores.
- UNE-EN 50331-1 "Sistemas fotovoltaicos en edificios.: Requerimientos de seguridad"

MEMORIA Doc 1/7 pág. 24/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- UNE-EN 61227. "Sistemas fotovoltaicos terrestres generadoras de potencia."
- Cualquier otra norma concordante o sectorialmente aplicable.

13.- REFERENCIAS

M. IBÁÑEZ PLANA; J. R. Rosell Polo; J. I. Rosell Urrutia. (2005). Tecnología solar. [S.l.] Mundi-Prensa Libros. ISBN: 9788484761990

ALONSO ABELLA, M. (2005). Sistemas fotovoltaicos, introducción al diseño y dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas. [S.l.] [s.n.] ISBN: 9788486913120.

UNKNOWN. (December 31, 1999). Energía solar fotovoltaica manual de instalador. [S.l.] UNKNOWN. ISBN: 8497182596.

PV System. [S.l.] [s.n.] [consultat: 03/02/2020]. Disponible a Internet: <https://www.pvsyst.com/>


Instrucciones Técnicas Complementarias. [S.l.] [s.n.] [consultat: 01/12/2019]. Disponible a Internet: http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx.

CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. [S.l.] [s.n.] Disponible a Internet: <https://www.codigotecnico.org/>.

Corba V-I. [S.l.] [s.n.] Disponible a Internet: <https://jmirez.wordpress.com/2011/03/28/j218-curvas-genericas-de-corriente-y-voltaje-en-celulas-solares/>.

Dependencia de las características de los parámetros de los módulos fotovoltaicos a la temperatura. [S.l.] [s.n.] Disponible a Internet: <https://www.cambioenergetico.com/blog/influye-la-temperatura-rendimiento-placa-solar/>.

ACIMUT. [S.l.] [s.n.] Disponible a Internet: https://www.pawean.com/MVM/Coordenadas_horizontales.html.

MEMORIA Doc 1/7 pág. 25/25	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Declinación Solar. [S.l.] [s.n.] [consultat: 10/2019]. Disponible a Internet: <http://reader.digitalbooks.pro/content/preview/books/39121/book/OEBPS/Textchapter1.html>.

Wordreference. [S.l.] [s.n.] [consultat: 10/01/2020]. Disponible a Internet: <https://www.wordreference.com/definicion/irradiaci%C3%B3n>.

RAE. [S.l.] [s.n.] Disponible a Internet: <https://www.rae.es/>.

RAI. [S.l.] [s.n.] Disponible a Internet: <http://www.raing.es/es>.

Google Translate. [S.l.] [s.n.] Disponible a Internet: <https://translate.google.com/>.

Google maps. [S.l.] [s.n.] Disponible a Internet: <https://www.google.es/maps/preview>.

Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko.

Cálculos de la instalación

Alumno: Boubacar Cisse

Tutor: Joan I. Rosell

Documento II: Cálculos de la instalación

Sumario

1.- INTRODUCCIÓN.....	7
1.1.- Coordenadas horarias.....	8
1.2.- Coordenadas horizontales.....	9
2.- SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR FIJA.....	10
3.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	11
3.1.- Objeto.....	11
3.2.- Sistema fotovoltaico.....	12
3.2.1.- Subsistemas.....	12
3.2.1.1.- Captación de energía solar.....	12
3.2.1.1.1.- Módulos fotovoltaicos.....	12
3.2.1.1.2.- Parámetros de las células fotovoltaicas.....	14
3.2.1.1.3.- Irradiación y Temperatura.....	15
3.2.1.1.4.- Sistema de soporte y fijación.....	16
3.2.1.1.5.- Sombras.....	16
3.2.1.2.- Adaptación y monitoreo de la energía obtenida.....	17
3.2.1.2.1.- Inversores.....	17
3.2.1.2.2.- Regulador.....	18
3.2.1.2.2.1.- Tipos de reguladores de carga.....	19
3.2.1.2.2.2.- Curva de reguladores de carga.....	20
3.2.1.2.2.3.- Reguladores de carga MPPT.....	20
3.2.1.3.- Distribución de la energía eléctrica.....	21
3.2.1.3.1.- Cálculo sección de los conductores.....	22
3.2.1.3.2.- Cableado del sistema de captación.....	22
3.2.1.3.3.- Cableado Inversor.....	23
3.2.1.4.- Control y protección.....	23
3.2.1.4.1.- Seguridad de la instalación.....	24
3.2.1.4.2.- Puesta a tierra.....	24
3.2.1.4.2.1.- Toma de tierra de sistemas fotovoltaicos.....	25
3.2.1.4.2.2.- Puesta a tierra del sistema.....	26
3.3.- Conexión de la instalación con la red de distribución interna.....	26
3.3.1.- Componentes de la instalación.....	26
3.3.2.- Condiciones generales de conexiones.....	29
3.3.2.1.- Cuadro eléctrico y equipos de protección.....	29
4.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	30
4.1.- Subsistema de regulación e inversión de corriente.....	31
4.1.1.- Características eléctricas del inversor/cargador.....	31
4.1.2.- Características eléctricas del regulador.....	33
4.2.- SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN.....	33
4.2.1.- RADIACIÓN SOLAR RECIBIDA.....	33
4.2.2.- Módulo Bosch Solar Module c-Si M 60 250 Wp.....	37
4.2.2.1.- Rendimiento del módulo.....	37
4.2.2.2.- Distancia entre ramales.....	38
4.2.2.3.- Pérdidas por ensombrecimiento.....	39
4.2.2.4.- Número de módulos.....	39

4.2.3.- Parámetros eléctricos del subsistema de captación.....	40
4.3.- Subsistema de acumulación.....	43
4.3.1.- Capacidad de las baterías.....	43
4.3.2.- Tipo de baterías.....	45
4.3.3.- Número de baterías.....	45
4.4.- Subsistema de transporte.....	46
4.4.1.- Cableado de protección.....	51
4.5.- Protecciones.....	52

Índice de figuras

Figura 1: Ilustración ángulo de la latitud.....	2
Figura 2: Ilustración ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico.....	2
Figura 3: Ilustración de la declinación solar.....	3
Figura 4: Ilustración altura solar.....	3
Figura 5: Ilustración acimut solar.....	4
Figura 6: Ejemplo estructura de soporte para módulos fotovoltaicos.....	12
Figura 7: Funcionamiento de diodo bypass en una cada de módulos en serie (Fuente: Sunfields).....	13
Figura 8: Regulador de carga en paralelo. (Fuente: Sunfields).....	15
Figura 9: Regulación de carga en serie. (Fuente: Sunfields).....	17
Figura 10: Regulador de carga solar MPPT-2010. (Fuente: www.mpptsolar.com).....	18
Figura 11: Puesta a tierra de la instalación fotovoltaica. (Fuente: Sunfields).....	22
Figura 12: Representación en vista Sketchup del complejo escolar.....	25
Figura 13: Interruptor General Manual de protecciones.....	28
Figura 14: Interruptor diferencia.....	28
Figura 15: Distancia mínima entre dos módulos consecutivos.....	38
Figura 16: Altura solar a Badinko. (Fuente: https://www.pvsyst.com/).....	39
Figura 17: Batería de la marca 3k.....	46

Índice de tablas

<i>Tabla 3.1 : Tabla resumen de las cargas del sistema</i>	25
<i>Tabla 3.2: Características generales del Generador fotovoltaico</i>	27
<i>Tabla 4.1: Resumen de las características eléctricas del equipo inversor/cargador. (Fuente : https://voltronicpower.com/)</i>	31
<i>Tabla 4.2 : Características eléctricas del sistema de regulación de carga</i>	32

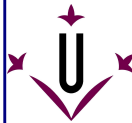
Tabla 4.3: Valores mensuales de la irradiación solar. Año 2015 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).	33
Tabla 4.4: Valores medios diarios de la irradiación solar. Año 2015 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY)	33
Tabla 4.5: Valores mensuales de la irradiación solar. Año 2016 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).	34
Tabla 4.6: Valores medios diarios de la irradiación solar. Año 2016 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).	34
Tabla 4.7: Valores medios diarios de la irradiación solar. Año 2015 y 2016 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).	35
Tabla 4.8: Valores medios diarios de la irradiación solar durante el mes junio. Año 2015 y 2016 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).	36
Tabla 4.9: Características electricas del módulo solar Bosch Solar Module c-Si M 60 (Fuente: https://www.bosch.com/).	37
Tabla 4.10 : Resumen de valores eléctricos del campo fotovoltaico.	44
Tabla 4.11: Principales circuitos de la instalación fotovoltaica.	48
Tabla 4.12: Valores máximos de caída de tensión típicas para una instalación fotovoltaica aislada. (Fuente: ITMD).	48
Tabla 13: Intensidad máxima corregida por sección cable de cobre (Cu) con recubrimiento XLPE a régimen permanente.	51
Tabla 4.14: Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. N° de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.	52

Tabla 4.15: Tabla resumen del cálculo de las secciones S_{min} teóricas (mm^2) y las correspondientes S (mm^2) normalizado y comercializado de los diferentes tramos de cableado de la instalación.....53

Tabla 4.16: Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.....54

Tabla 4.17: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir. (Fuente: itc-bt-21).54

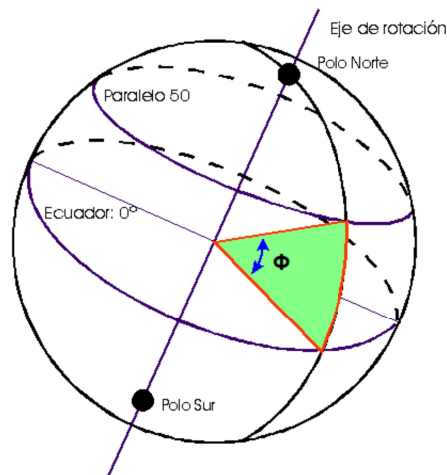
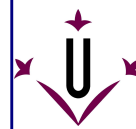
Tabla 4.18: Circuitos independientes de la instalación y sus correspondientes interruptores automáticos de protección.....56

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 8/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

1.- INTRODUCCIÓN

Es importante conocer los parámetros que influyen en la captación solar antes de adentrarse en el cálculo de la instalación fotovoltaica. Esencialmente, la energía solar producida depende de la radiación solar incidente en el campo de captación, aunque también intervienen otros factores como el ángulo de incidencia, las condiciones climatológicas, etc, conviene conocer algunos de esos parámetros para hacer un buen dimensionado del sistema y conocer aspectos que pueden jugar un papel relevante en la vida de la instalación.

- **Radiación solar global (H) [W/m²]:** es el resultado de sumar las radiaciones directas, difusa y reflectada.
- **Radiación directa [W/m²]:** Es parte de la radiación solar que llega a la superficie terrestre. Llega atenuada, pero sin cambio de dirección.
- **Radiación difusa (H_d) [W/m²]:** Es la parte de la radiación solar que llega a la tierra después de colisionar con las partículas en suspensión en la atmósfera, con la radiación reflectada la tierra, etc.
- **Radiación reflectada [W/m²]:** Es la radiación resultado de la reflexión de la radiación solar con la tierra. Esta radiación que depende mayoritariamente del índice de reflexión de los objetos (tierra, edificios, etc) alrededor de la instalación pueden suponer una mejora en la captación solar. Es difícilmente medible, por lo tanto, no se le suele considerar en el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica. También es de considerar que esta radiación no interviene en casos de superficies horizontales.
- **Constante solar (G_{sc}) [W/m²]:** Es la energía del sol, por unidad de tiempo y superficie, que proviene del sol, medida a la distancia media entre la tierra y el sol. Este constante es un valor fijo y conocido. Actualmente, 1,353 W/m² es el valor atribuido a este constante.
- **Irradiación extraterrestre (G_{on}) [W/m²]:** Es la energía por unidad de superficie y tiempo, recibida en un plano horizontal y paralela a la superficie terrestre, desde un punto situado a fuera de la atmósfera.
- **Latitud (Φ) [°]:** Es el ángulo que forma la vertical del punto geográfico de la superficie terrestre y el plano del ecuador. Las latitudes positivas se encuentran al norte del ecuador y las negativas al sur. Las altitudes cero son las situadas en el ecuador.

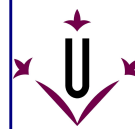
*Figura 1: Ilustración ángulo de la latitud*

- **Inclinación (β):** Es el ángulo que forma la superficie de captación con el plano paralelo a la superficie terrestre en el punto de captación.

1.1.- Coordenadas horarias

Declinación solar (δ_s) [$^\circ$]: es la posición del sol al mediodía respecto al plano del ecuador terrestre. El valor de la declinación solar varía a lo largo del año del $-23,45^\circ$ a $+23,45^\circ$. Siendo valores negativos aquellos situados al sur del ecuador y positivos los situados al norte del ecuador.

*Figura 3: Ilustración de la declinación solar.*



Ángulo horario solar (ω_s) [°]: es el desplazamiento angular del sol sobre el plano de la trayectoria solar. El ángulo cero (0°) corresponde al mediodía solar. Los valores crecen con el sentido del movimiento del sol siendo cada hora el equivalente a un ángulo de 15° .

1.2.- Coordenadas horizontales

Altura solar (γ_s) [°]: Ángulo que forma el sol con el plano horizontal a la tierra en un punto concreto. También se puede mirar como el ángulo formado en la intersección entre la línea que pasa por el sol y la línea perpendicular a la tierra, siendo el punto de intersección la superficie de la tierra.

Acimut solar (a_s) [°]: Ángulo que forma con el sur (en hemisferio norte) o con el norte (en hemisferio sur), la proyección sobre el plano horizontal de la línea recta que une la posición del Sol con el punto de observación, medido en sentido horario en el hemisferio norte y en sentido contrario en el sur, utilizando las proyecciones sobre el plano horizontal del punto de observación, y su valor es negativo durante la mañana (dirección Este), 0° ó 180° al mediodía (dependiendo de los valores relativos de la declinación solar y la latitud local), y positivo después del mediodía (dirección Oeste).¹

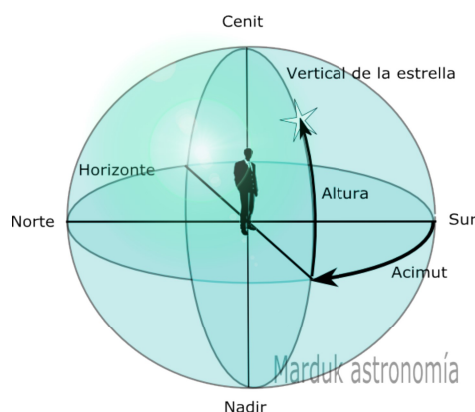
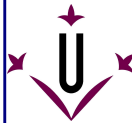


Figura 5: Ilustración acimut solar.

2.- SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR FIJA

Es el sistema de captación en la que los módulos se colocan en una estructura que los mantiene en la misma posición (Orientación e inclinación) a lo largo del tiempo. Es el

¹ Definición extra de la Real Academia de Ingeniería.

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	
Doc. 2/7 pág. 11/61	<i>Boubacar Cissé</i>	Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior

sistema de captación más simple, fácil de instalar, bajo coste de instalación, pero menos producción energética respecto a otros sistemas, los que realizan un seguimiento solar.

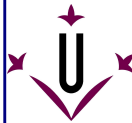
El movimiento relativo, tanto diario como estacional, entre la tierra y el sol, provoca que los rayos solares no incidan en el panel fotovoltaico en un sistema de captación fija con un ángulo óptimo. Por lo tanto, la eficiencia de los paneles es más baja. En un sistema de captación fija, para aprovechar lo máximo la radiación solar disponible, se debe calcular la orientación de los paneles que permita una mayor producción energética en términos medios a lo largo de un año.

En las estaciones meteorológicas se recogen datos de radiación solar en superficies inclinadas con ángulo variable y orientación variable (**acimut 0°, 30°, 60°, 90°**), estos datos permiten determinar con una gran precisión la orientación e inclinación a las que se debe posicionar una superficie de captación solar para la máxima producción.

Los captadores deben situarse de tal forma que a lo largo del periodo anual se consiga aprovechar lo máximo la radiación disponible. Generalmente la orientación correcta para los paneles solares situados al hemisferio norte es la orientación al sur. Se puede decir que, para obtener la captación máxima anual en una localidad determinada, es recomendable situar los paneles solares con una inclinación aproximada a la latitud del lugar, permitiendo desviaciones de -10° a $+10^\circ$ sin que se afecta sensiblemente al rendimiento. La inclinación se puede ajustar en función de si el diseño tiene preferencia estacional. En caso de querer sacar más provecho de la instalación en verano o en invierno, la inclinación se debe disminuir o aumentar respectivamente unos 15° .

La inclinación también se puede determinar en función del tipo de energía recibida. En sitios de baja altitud, con brumas y nubes bajas, la energía difusa sobrepasa a la energía directa y una inclinación más plana favorecería la recogida de la energía difusa. Con lo cual, la bajada de rendimiento del sistema no es tan importante. Por otra banda, en sitios de alta altura, se puede aprovechar en condiciones la energía solar directa.

En casos de instalaciones con grandes nombres de módulos, es necesario equilibrar las corrientes y tensiones con el objetivo de sumar la mayor potencia posible. Para un mayor rendimiento de las conexiones eléctricas, se deben agrupar los módulos con las mismas características, mismas tensiones y corrientes de salida. También se debe procurar que las sumas de las tensiones y corrientes de las distintas líneas sea la

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 12/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

misma. Toda la instalación debe ir con la misma instalación e inclinación para evitar que, en una conexión en serie, el panel menos iluminado limite en corriente toda la línea. Cuando se juntan las líneas, la menos iluminada también limitaría el junto en voltaje.

A través de un simulador, se estima la forma más eficiente de instalar los módulos fotovoltaicos para que, con una superficie disponible de captación solar, el rendimiento sea óptimo en función de las condiciones climatológicas locales. En caso de instalaciones con más de una filera, se debe respetar una cierta distancia entre ellas, para minimizar los problemas de sombras cuando el sol está a baja altura en el horizonte. Un sistema de simulación, permite obtener datos precisos y fiables sobre la inclinación de los módulos, la distancia entre fileras, orientación y otras características que permiten aprovechar a niveles óptimos la radiación solar.

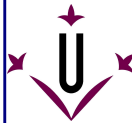
3.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.1.- Objeto

Se requiere instalar los módulos en la cubierta del edificio situado al noreste en el complejo escolar, destinado a sala de profesores. Toda la energía recogida de los módulos se almacenará directamente en las baterías ubicadas en el mismo edificio. Esta solución minimiza la pérdida por caída de tensión debida a la poca distancia de separación entre los módulos y las baterías, y es la solución que minimizaría los tramos de cableado una vez la energía es transformada en alterna. La dirección o sala de profesores es el edificio más protegido contra robo y el menos accesible para evitar posibles accidentes.

Los módulos se instalan con orientación al Sur y una inclinación cercana a la del techo, unos 16 grados aproximadamente. Esta inclinación optimizará la producción solar y al tener un ángulo de inclinación relativamente pequeño, reduce la carga de fuerza de viento en la instalación. La estructura será metálica y fija sin cambios de orientación ni inclinación a lo largo del tiempo.

Se instalará los módulos necesarios para cubrir las necesidades eléctricas del complejo escolar. El tipo de módulos a instalar será el de la marca BOSCH de 250 Wp, el número de módulos instalados se determinará mediante cálculos justificativos para

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 13/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

que sumen la potencia necesaria y justa. Entre el generador solar y la unidad de almacenamiento se instalará un regulador de carga que proteja la instalación contra sobrecarga.

La instalación fotovoltaica será monofásica o trifásica dependiendo la potencia que alcance que según el **Artículo 12.2 de la RD 1699/2011** para equipos de subministro eléctrico de instalaciones fotovoltaicas esa potencia es de 5 kW. Por lo tanto, a partir de 5 kW de potencia instalada, la instalación debe ser trifásica y por debajo de esta podrá ser monofásica.

3.2.- Sistema fotovoltaico.

3.2.1.- Subsistemas

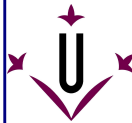
3.2.1.1.- Captación de energía solar

El subsistema de captación de energía solar es el conjunto de elementos, básicamente, los módulos fotovoltaicos – Generador fotovoltaico-, que realizan la transformación de la energía procedente de la radiación solar para convertirla en energía eléctrica, corriente continua. La tensión y corriente continua producidas por el generador fotovoltaico pueden ser inyectados directamente en la red de distribución interna, para su uso en una instalación de corriente continua, o pueden ser almacenados y posteriormente transformados en corriente alterna.

La energía producida por el generador fotovoltaico depende de los factores que caracterizan la instalación fotovoltaica, tales como; *La realidad climatológica de la zona, la eficiencia de los módulos fotovoltaicos, la radiación solar incidida en los módulos que puede ser condicionada por la orientación y la inclinación de los módulos.*

La pequeña inclinación de los módulos es un aspecto positivo al reducir los problemas con sombras, lo cual, además de evitar la bajada de rendimiento de la instalación, también la protege contra sobrecalentamiento de los paneles ensombrecidas.

Se debe planificar la la instalación del sistema fotovoltaico de forma que minimice el efecto de sombras entre placas. Este fenómeno, a demás de reducir la producción de energía solar, también produce el deterioro de las células ensombrecidas. La

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 14/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

introducción de un diodo de paso (bypass) lo cual cortocircuita los paneles ensombrecidos, de esa forma se evita que actúen de carga y se calienten.

3.2.1.1.1.- Módulos fotovoltaicos


Los módulos fotovoltaicos son los elementos que tienen la función de transformar la energía de los rayos solares en energía eléctrica continua. Un módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células solares que, en particular, son pequeños generadores de corriente. Se conectan en serie y en casos de módulos de gran potencia, las células se encapsulan en vidrio templado y varias capas de materiales plástico.

El conjunto se refuerza se refuerza con perfil metálico de aluminio que forman un marco exterior que da dirigida y facilita la colocación del módulo a la estructura de soporte. Finalmente, se coloca la caja en la parte posterior, donde irán las conexiones eléctricas con claras identificaciones del positivo y negativos. Las características eléctricas principales del módulo elegido son los siguientes.

Marca y modelo: Bosch Solar Energy AG
Potencia nominal: 250 Wp (tolerancia 0 /+5Wp)
Garantía: lineal 15 años al 90%, 25 años al 85%.
Dimensiones: 1.640 mm x 992 mm x 35 mm (largo x ancho x alto)
Caja de conexiones: IP67 (con 3 diodos de by-pass)
Eficiencia de módulo: 16,60%
Tensión mpp: 30,31 V
Intensidad mpp: 8,25 A
Tensión a circuito abierto: 37,9 V
Intensidad de corto-circuito: 8,82 A

Cada módulo fotovoltaico está formado con las siguientes partes:

- **La célula solar:** es la parte del módulo formado por el silicio fabricado de tal modo que tiene la capacidad de transformar la energía solar en corriente eléctrica. Normalmente la placa de silicio tiene la forma rectangular de 10x10 cm o 16 x 16 cm de superficie y un grueso de 0,3 mm. El silicio es un material con la particularidad de tener el efecto fotovoltaico, lo cual permite la generación de corriente en tener contacto con los rayos solares.

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 15/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

- **Cubierta exterior:** protege las células de silicio contra los agentes de la atmósfera (suciedad, óxidos, lluvia, etc). Normalmente se fabrica de vidrio templado, la cual es un material resistente contra a la intemperie y tiene muy buena transmisión de rayos solares.
- **Capas de encapsulado:** son los encargados de cubrir las células solares, las protege. Se fabrica normalmente con l'Étilen-vinilacetat o EVA, ese último tiene un excelente índice de transmisión solar. Es un material con grandes cualidades resistentes a la degradación por radiación ultravioleta. Permite una cierta elasticidad, protegiendo así, los módulos contra efectos de vibración
- **Protección posterior:** Su tarea consiste en proteger los componentes eléctricos contra los agentes de la atmósfera. Ejerce de barrera contra la humedad.
- **Marco de soporte:** es la parte del módulo que da robusteza mecánica al conjunto y permite la ubicación del módulo en una estructura. Normalmente es de aluminio anodizado y está provisto de agujeros que facilitan su acoplamiento sin necesidad de manipular otras partes del conjunto.

Las características de un módulo fotovoltaico vienen determinadas por el tipo de material empleado en su fabricación. Los tres tipos principales son:

- **Módulo de silicio monocristalino:** presenta una tonalidad uniforme de las obleas. Los módulos fabricados con monocristales de silicio son los que mejores rendimientos ofrecen a días de hoy. Ofrecen un rendimiento de entre 14-16%.
- **Módulo de silicio policristalino:** al contrario de los anteriores, se fabrican con poli cristales de silicio. Su rendimiento varía de 13-15% muy cercano a los anteriores.
- **Módulo de silicio amorfo:** es el tipo menos eficiente. Presenta una tonalidad oscura y uniforme. Su rendimiento varía de 6-8%.

3.2.1.1.2.- Parámetros de las células fotovoltaicas.

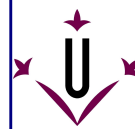
Los módulos fotovoltaicos se suministran con unos valores estándares que se pueden leer en la ficha técnica facilitada por el fabricante y según qué producto también los podemos ver sobre pegatina adherida al producto. Sin embargo, esos valores suelen variar. En el caso de los módulos fotovoltaicos, los valores que lo caracterizan son se dan en condiciones atmosféricas determinadas.

Los datos de referencia para las mediciones son:

Potencia de la radiación solar: 1000 W/m²

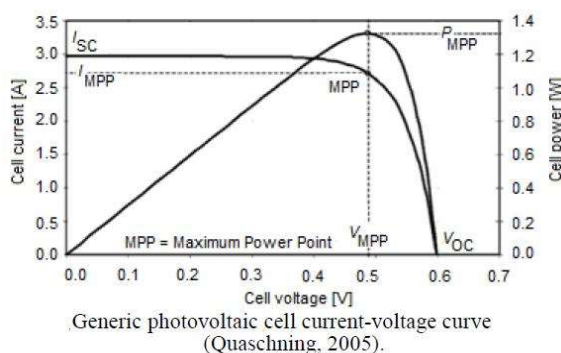
Temperatura d ella célula: 25 °C

Nivel del mar.



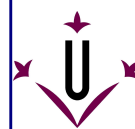
- **Intensidad del cortocircuito I_{sc} .** Esa es la intensidad del corriente eléctrico que se obtiene de la célula cuando no haya carga externa, la resistencia al paso de la corriente es nula. El valor suele rondar los 20 mA. Cuando hay un cortocircuito, el modulo no suele correr riesgos, puesto que la intensidad que circula es similar a la de su funcionamiento normal, no obstante, los dispositivos conectados al origen del cortocircuito pueden resultar dañados por la elevada potencia, que genera temperaturas muy altas.
- **Tensión en circuito abierto, V_{oc} .** Es la tensión del circuito abierto, entonces la resistencia se considera infinita y no circula corriente. En dispositivos de silicio se hayan tensiones suele rondar valores de 0,6 V como podemos ver en la Gráfica 1.
- **Potencia máxima o potencia pico, P .** La potencia generada por la célula es el producto de la tensión (V) por la corriente que genera (I). La potencia correspondiente los puntos de la intensidad máxima (**Intensidad de cortocircuito, I_{sc}**) y máxima tensión (**Tensión en circuito abierto, V_{oc}**) es nula. El punto de operación denominado (**$P_{mpp} = I_{mpp} \cdot V_{mpp}$**), como podemos observar en la gráfica 1 es aquél en el que se haya la máxima potencia generada por la célula. El punto se conoce como el de la potencia de pico ya que se obtienes por el producto de la Intensidad pico (I_{mpp}) por la tensión pico (V_{mpp}) de la célula².

$$P_{MPP} = I_{MPP} \cdot V_{MPP}$$



Gráfica 1: Curva de corriente y potencia en función la tensión de la célula.

2 No confundir intensidad y tensión máxima con intensidad y tensión pico.



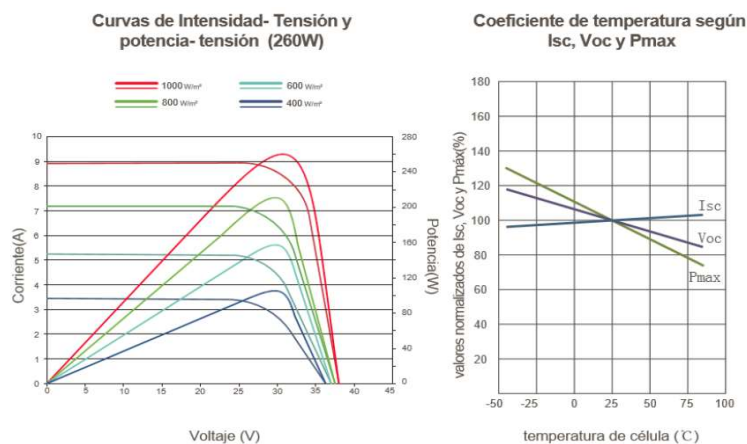
- **Factor de forma, FF.** La potencia máxima (P_{mpp}) de funcionamiento de la célula se encuentra con el producto de la Intensidad pico (I_{mpp}) y tensión pico (V_{mpp}). Tanto la I_{mpp} como la V_{mpp} se encuentran por debajo de la I_{sc} , Intensidad de cortocircuito, y V_{oc} , tensión de circuito abierto³. Con lo cual el producto de las últimas es la potencia ideal que se podría obtener de una célula. La llamamos Potencia ideal, P_i . El factor de forma es entonces el cociente entre la P_{mpp} y la P_i .

$$FF = P_{mpp} / P_i$$

- **Rendimiento, η .** Es el aprovechamiento total que el módulo puede hacer de la radiación solar total que incide en él. Hoy en día, la tecnología de la mayoría de los fabricantes nos permite rendimientos de alrededor de 18% dependiendo de del tipo de célula y la tecnología que integra.

3.2.1.1.3.- Irradiación y Temperatura.

Los indicadores estándares que nos facilita el fabricante de módulos varían en función de la temperatura y de la radiación recibida por el módulo. Se demuestra una relación de proporcionalidad entre la Intensidad de cortocircuito (I_{sc}) y la radiación solar incidente pero, la tensión de circuito abierto la es inversamente proporcional. Vea la Gráfica 2.



Gráfica 2: Dependencia de los valores característicos de un módulo solar a la Temperatura y a la radiación solar recibida.

³ Puntos de máxima intensidad y tensión.

3.2.1.1.4.- Sistema de soporte y fijación

Es posible que el fabricante o el proveedor subministre la estructura de soporte y fijación, en caso contrario, existen varios tipos y modelos para todos tipos de módulos estándares comerciales. Normalmente son metálicas, de aluminio o de acero inoxidable para resistir tanto, a los esfuerzos mecánicos, causados por el peso de los propios módulos y las fuerzas de viento, lluvia y nieve, como también a la corrosión y/u oxidación. Pueden ser fijas u orientables que les permite seguir las dirección del sol a lo largo del día y corregir los cambios del acimut durante el año.



Figura 6: Ejemplo estructura de soporte para módulos fotovoltaicos.

Las estructuras se dispondrán de tal forma que permitan la instalación de los módulos minimizando los efectos de ensombrecimiento. Darán a los módulos las orientaciones e inclinaciones necesarias para las que ha sido diseñada la instalación.

3.2.1.1.5.- Sombras.

El efecto de ensombrecimiento es muy importante en los módulos fotovoltaicos. Se recomienda evitarlo siempre que sea posible. Si una o algunas células que van bajo sombra, al estar en serie con las demás, limitan la corriente a toda la serie. Es decir que una sola célula puede comprometer la productividad de todo un módulo. La solución para este problema es la incorporación de diodos shunt. Esos diodos pueden aislar en caso necesario las zonas afectadas por la sombra, pero en ese caso, dependiendo de donde encuentre la célula afectada, es posible que perdamos gran parte de la producción de esos módulos. Si tenemos varios módulos en serie, como es habitual en las instalaciones fotovoltaicas, la consecuencia del ensombrecimiento es parcial de uno de ellos afectará a todos los demás de igual modo. La existencia de

sombras sobre parte de un panel fotovoltaico provoca que los diodos Bypass de la caja de conexiones entren en funcionamiento lo cual produce escalones en la curva I-V

del mismo, es decir, su producción se reduce. Una placa estándar suele llevar unos 3 diodos bypass, uno por cada 20 células en serie. Cada uno de ellos controla un tercio ($\frac{1}{3}$) del módulo. Por lo que cuando uno de ellos conduce la producción del módulo baja en un $\frac{1}{3}$. La realidad es que el uso de los diodos no mejoran la producción del panel solar ni quita el efecto del sombreado, uso se justifica en el hecho de que protege el módulo contra el punto caliente (hotSpot) en asociaciones de módulos en serie. Cuando una célula se ensombrece, pasa de producir electricidad a consumirla creando así un punto de sobrecalentamiento que podría llegar a destruir la célula.

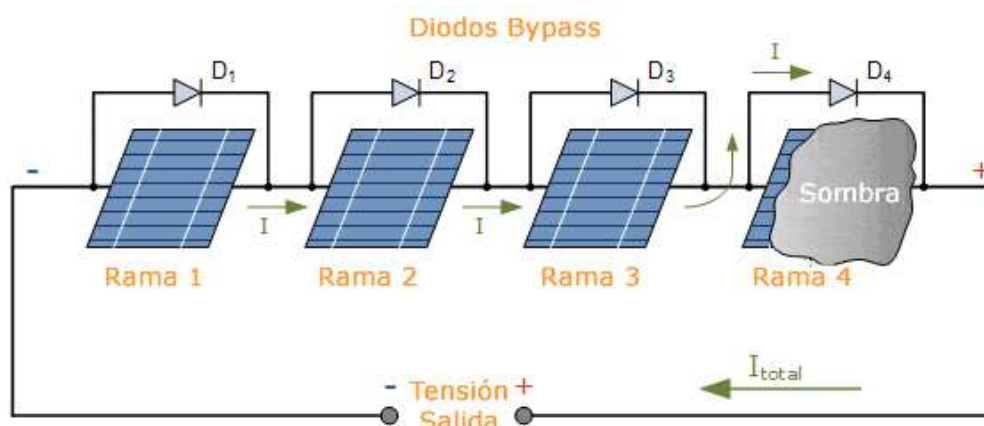
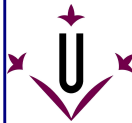


Figura 7: Funcionamiento de diodo bypass en una cadena de módulos en serie (Fuente: Sunfields).

3.2.1.2.- Adaptación y monitoreo de la energía obtenida.

La energía eléctrica obtenida de los módulos fotovoltaicos requiere ser tratada para adaptar sus características (tensión, corriente, frecuencia, etc.) a las que se necesita la instalación red de distribución (**externa** en caso de una instalación fotovoltaica conectada a la red; **interna** en caso de instalación aislada) para uso en los equipos. Las adaptaciones más frecuentes son:

- Corrección del nivel de tensión continua a través de un convertidor de tensión continua a tensión continua.

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	
Doc. 2/7 pág. 20/61	<i>Boubacar Cissé</i>	Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior

- Conversión de corriente continua a corriente alterna mediante inversores de corriente.

3.2.1.2.1.- Inversores

Un inversor solar fotovoltaico, es un dispositivo que transforma la corriente continua procedente del generador fotovoltaico o del sistema de almacenamiento de corriente continua en corriente alterna. Hay dos tipos de inversores: inversores aislados e inversores conectados a la red.

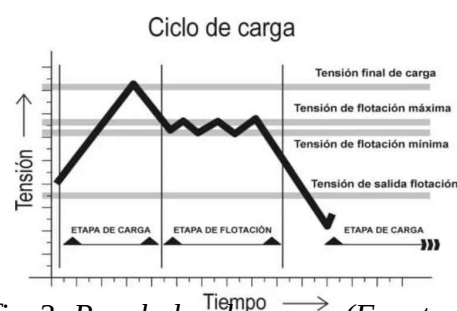
Los inversores se pueden clasificar de diferentes formas. De acuerdo con el número de fases se pueden distinguir entre inversores monofásicos y trifásicos, con un punto de máxima potencia (1 MPPT) o 2...

Los microinversores tienen varias ventajas sobre los inversores centrales convencionales. La principal ventaja es que en el caso de que alguno de los paneles solares sufra una reducción en la producción eléctrica, esta no afectará de forma contundente en la producción de la instalación. Cada microinversor capta la cantidad de energía óptima mediante la realización del seguimiento del punto de máxima potencia para su panel conectado.

- Los parámetros característicos de un inversor solar son:
 - **Tensión Nominal.**- Es la tensión que se debe aplicar a los terminales de entrada del inversor.
 - **Potencia Nominal.**- Es la potencia que puede suministrar el inversor de forma continuada.
 - **Capacidad de sobrecarga.**- Se refiere a la capacidad del inversor para suministrar una potencia considerablemente superior a la nominal, así como el tiempo que puede mantener esta situación.
 - **Forma de onda.**- En los terminales de salida del inversor aparece una señal alterna caracterizada principalmente por su forma de onda y los valores de tensión eficaz y frecuencia de la misma.
 - **Eficiencia (ó rendimiento).**- Es la relación, expresada en tanto por ciento, entre las potencias presentes a la salida y a la entrada del inversor. Su valor depende de las condiciones de carga del mismo, es decir de la potencia total de los aparatos de consumo alimentados por el inversor en relación con su potencia nominal.

3.2.1.2.2.- Regulador

El regulador es el elemento de la instalación fotovoltaica que se encarga de proteger a la batería contra situaciones extremas, es decir, evitar la batería se sobrecargue o la descarga excesiva de ella. Su tarea consiste en analizar la información del estado de carga de la batería, teniendo en cuenta los valores mínimos y máximos admisibles de voltaje en cada instante para evitar que se dañe las baterías.



Gráfica3: Regulador de carga. (Fuente Sunfields)

Anteriormente se usaban los denominados reguladores de carga que realizaban el control de carga, mediante dispositivos electromecánicos (relés). Desconectan el sistema generador con el sistema de almacenado cuando se alcanzaban ciertos valores de voltaje en las baterías. Su funcionamiento se basaba en la lógica del todo o nada. El regulador volvería a conectar la batería con el generador fotovoltaico cuando el voltaje bajaba hasta un cierto valor fijado, manteniendo así el estado de carga promedio de la batería entre el 60 y 55%.

Los siguientes avances en este campo permitirán proporcionar un ciclo de carga que elevaría el promedio de carga de la batería a los 70% cosa que alarga aun más la vida útil de esa. De hecho se ha demostrado que una batería con promedio de carga de 90% soporta hasta 3 veces más ciclos de carga que una que tenga el promedio a 50%.

3.2.1.2.2.1.- Tipos de reguladores de carga

a) Regulador de carga Paralelo

Cuando las potencias son pequeñas la solución que suele adoptarse es poner en paralelo un diodo zener, vea la figura 08. Actualmente esta

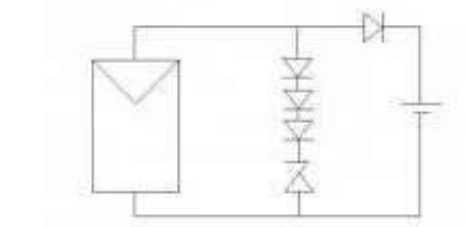
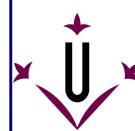


Figura 8: Regulador de carga en paralelo. (Fuente: Sunfields)



bastante en desuso, el incremento de potencia en los sistemas actuales, haría que los reguladores fueran extremadamente grandes por las dimensiones de sus disipadores.

b) Regulador de carga Serie

Éste regulador está dotado de dos interruptores (ver la Figura 9) para controlar la carga y la descarga. El control de carga consiste en desconectar el generador de la batería cuando se alcanza un cierto nivel de voltaje. El interruptor de descarga controla y desconecta la carga de la batería cuando se llega a un nivel mínimo de voltaje.

Los voltajes característicos del interruptor de carga:

- **Voltaje umbral de sobrecarga V_{sc}** , que es la tensión máxima que el regulador permite alcanzar a la batería. Cuando V es mayor que V_{sc} la batería queda desconectada del generador.
- **Voltaje de rearme de carga V_{rc}** , que es el valor de la tensión del acumulador que permite reconectar el generador para volver a cargarlo.

Los voltajes característicos del interruptor de descarga:

- **Voltaje umbral de sobredescarga V_{sd}** , es el valor mínimo permitido al voltaje de la batería antes de desconectar el consumo.
- **Voltaje de rearme para la descarga V_{rd}** , que es el valor del voltaje que reconecta el consumo al acumulador.

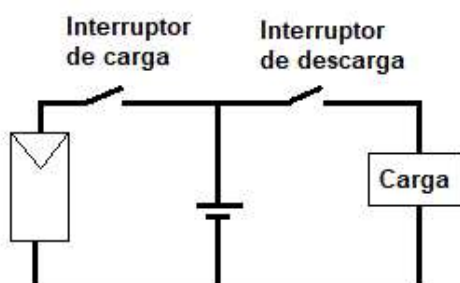

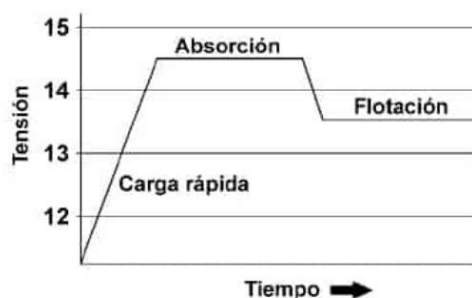


Figura 9: Regulación de carga en serie.
(Fuente: Sunfields).

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 23/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

3.2.1.2.2.2.- Curva de reguladores de carga.

Normalmente los reguladores poseen dos etapas en la curva de regulación de carga; Etapa de carga y Etapa de flotación como se puede apreciar en la Gráfica 4: Curva reguladora de carga. (Fuente: Sunfields). Pero a esas dos etapas se les añade una tercera, la Etapa de absorción. Esta Etapa esta para mejorar el funcionamiento de la batería y permitir una carga eficiente. Durante la descarga, se deposita sulfato en las placas de la batería, y para eliminarlo, se debe permitir la entrada de corriente durante un cierto instante con la tensión sin variar, se llama Etapa de absorción como se puede ver la Gráfica3: Regulador de carga. (Fuente Sunfields).



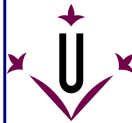
Gráfica 4: Curva reguladora de carga.
(Fuente: Sunfields)

3.2.1.2.2.3.- Reguladores de carga MPPT

Los reguladores de carga de *seguimiento del punto de máxima potencia*, MPPT por sus siglas en inglés (*Maximun Power Point Tracking*), son cada vez más frecuentes. Esos reguladores aumentan la eficiencia del sistema ya que permiten aumentar la entrega de la potencia del generador fotovoltaico hasta 30%.



Figura 10: Regulador de carga solar MPPT-2010. (Fuente: www.mpptsolar.com)

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 24/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

3.2.1.3.- Distribución de la energía eléctrica.

El sistema de transporte eléctrico se realiza a través de distintos subsistemas de la instalación fotovoltaica mediante canalizaciones o líneas eléctricas, generalmente cables conductores de sección circular. Se aplicarán los mismos criterios que en cualquier instalación de baja tensión. En esta sección se describirán los materiales conductores que usarán en este proyecto con el fin de asegurar un transporte adecuado teniendo en cuentas las características eléctricas y climáticas de la zona. Se deberá prestar especial atención a las altas temperaturas a las que estarán expuestos ciertos tramos del cableado de la instalación.

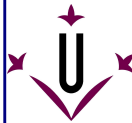
- **Tipo de cable conductor:** el material del cable conductor será el cobre o el aluminio. El tipo de aislante será el PVC, el etilo-propileno, goma butílica, polietileno reticular.
- **La forma de instalar el cable:** se tendrá en cuenta los tramos subterráneos, aéreos, interior o exterior. De ser posible, todos los tramos de cables estarán expuestas al aire libre para facilitar su enfriamiento.
- **La sección mínima del conductor:** se establece mediante la aplicación de los siguientes criterios.
- **Intensidad máxima admisible:** se dimensiona en función de la temperatura de equilibrio del conductor. El diseño depende la intensidad de régimen permanente y de la sección del conductor.
- **Caída de tensión máxima admisible:** la caída de tensión depende de la sección del conductor, que a su vez depende directamente de la resistencia del conductor. La resistencia es proporcional a la longitud del conductor, pero es inversamente proporcional a la sección.

$$R = \rho_e \cdot L/S$$

- **La intensidad máxima admisible por el conductor en corto circuito:** El plástico protector debe tener la capacidad de soportar la temperatura en caso de cortocircuito durante el tiempo del cortocircuito. La duración del cortocircuito viene determinado por el tiempo de reacción de los dispositivos de protección del circuito.

Los conductores se dimensionan en cumplimiento del reglamento electrodoméstico de baja tensión REBT (RD 842/2002, de 2 de agosto, publicado por el “BOE” el 18 de setiembre de 2002, suplemento del num. 224), y de manera especial, las *Instrucciones Técnicas Complementarias: ITC-BT-06, ITC-BT-07 i ITC-BT-19*.

El material del aislante debe proteger en condiciones medioambientales extremas y debe soportar temperaturas de hasta 90°. Se deberá reducir las intensidades de

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 25/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

trabajo del sistema a con el fin de conseguir temperatura moderadas. Siguiendo el REBT, aplicaran los factores de corrección a las intensidades de forma especial.

3.2.1.3.1.- Cálculo sección de los conductores.

Como establece el Reglamento de Baja Tensión (REBT, aprobada por el RD 842/2002, de 2 de agosto, publicado por el “BOE” el 18 de setiembre de 2002, suplemento del num. 224), el cálculo de la sección del conductor se rige en los siguientes factores:

- La intensidad máxima admisible por los conductores en régimen permanente.
- La intensidad máxima admisible por los conductores en caso de cortocircuito.
- Caída de tensión máxima admisible.

Se regirá en la norma ITC-BT-21 para la instalación de los tubos protectores donde irán alojados los cables conductores de los circuitos.

Otras normas aplicables:

Norma UNE 20.460-5-52: instalación y puesta en obra de los canales de protección.


ITC-BT-18: *“Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.”⁴*

3.2.1.3.2.- Cableado del sistema de captación.

Los parámetros característicos de los módulos como se describen el apartado 3.2.1.1.2.- se hayan en condiciones específicas de temperatura y irradiación solar. Tanto la Intensidad de cortocircuito ($I_{sc,mod}$) como la tensión de circuito abierto ($V_{oc,mod}$), se ven modificadas de forma substancial en cambiar la temperatura y la irradiación solar. Por ese motivo, el dimensionado del sistema de cableado se debe llevar a cabo teniendo en cuentas las condiciones climáticas de la zona.

Se sabe que zona de condiciones climáticas severas la temperatura de trabajo de la célula puede superar los 75 °C de mismo modo que la irradiación puede alcanzar los 1200 W/m². La intensidad máxima de la célula se verá aumentada como a

4 Objeto. ITC-BT-18. Instalaciones de puesta a tierra

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 26/61	<i>Boubacar Cissé</i>	

consecuencia. Se aplicará un factor de 1,25 a la $I_{sc,mod}$ y se obtiene la $I_{max,mod}$ (Intensidad máxima del módulo).

$$I_{max,mod} = I_{sc,mod} \cdot 1,25$$

Al ser una instalación con una potencia relativamente reducida, no se va a aplicar el factor de 25%, lo cual se recomienda para instalaciones que tengan motor. En ese proyecto no se prevé el uso de motores que puedan tener consumo de arranque elevado. De forma opcional se podría usar un factor adicional para minimizar la caída de tensión. El criterio de selección de cable será el siguiente:

$$I_{max,mod} > I_{sc,mod} \cdot 1,25$$

En cuanto al voltaje de circuito abierto, también se le aplica un factor de 1,25. Como se puede observar en el apartado **3.2.1.1.3.-** el voltaje de circuito abierto en inversamente proporcional a la temperatura. De modo que en días de muchas irradiación solar pero con temperatura bajas, se pueden alcanzar voltajes superiores a los que indica el fabricante.

$$V_{max} = V_{oc,mod} \cdot 1,25$$

3.2.1.3.3.- Cableado Inversor

Siguiendo el criterio general de selección de cables, se calcula la intensidad máxima que debe soportar. En el caso del inversor, sabemos su potencia y la tensión mínima requerida para que funcione. El cable se dimensiona para que soporte la corriente que circula por él cuando la tensión de las baterías es la mínima del inversor y con el inversor a plena potencia, teniendo en cuenta el rendimiento del mismo (η_{inv}). De forma resumida, se aplicará la siguiente formula:

$$I_{max,inv} = P_{inv} / (V_{min,inv} \cdot \eta_{inv})$$

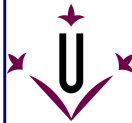
P_{inv} : Potencia del inversor.

η_{inv} : Eficiencia del inversor a plena potencia.

$V_{Min,inv}$: Voltaje mínimo para el uso del inversor.

Atendiendo a este criterio, la intensidad máxima que debe soportar el conductor debe ser:

$$I_{Conductor, inv} > I_{Max inv} = P_{inv} / (V_{Min T} \cdot \eta_{inv})$$

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 27/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

3.2.1.4.- Control y protección

La cualquier instalación eléctrica de baja tensión requiere de dispositivos de seguridad para preservar la salud de los usuarios y los proteger el propio sistema. El sistema de control nos permite tener el control sobre los parámetros de la instalación. Las principales funcionalidades del sistema de control y protección de la instalación son la supervisión de los parámetros característicos de la instalación (Temperaturas, corrientes, tensiones, consumo en tiempo real, estado algunos dispositivos, etc.) y el monitorear el sistema para establecer ordenes y dependencias entre los parámetros. Normalmente, existen dispositivos que hacen esta función y ya vienen con los programas predefinidos.

3.2.1.4.1.- Seguridad de la instalación

Se atenderá a las prescripciones reglamentarias de las normas existentes para un adecuado dimensionado de los sistemas de protección de la instalación. El sistema de protección de la instalación tiene como objetivo proteger a las personas, a la instalación y a los bienes. Principalmente se seguirá las indicaciones del REBT teniendo en cuenta siempre las singularidades de la instalación fotovoltaica.

Principales elementos de protección

- **Interruptores automáticos:** Protege contra cortocircuitos y sobrecargas
- **Fusibles:** Protege contra cortocircuitos y sobrecargas
- **Descargadores auto-válvulas:** Protege contra sobretensiones.

Todos los dispositivos se emplearán según han sido diseñado, se podrá utilizar dispositivos de corriente continua en línea de de corriente alterna. Los equipos de anteriormente enumerados que se usen en la instalación será de calidad y de fabricante reconocidos. Se deberá prestar atención a las características que presenten cada uno de ellos, evitar someterlos a tensiones y/o corrientes por encima de su aguante ni tampoco familiarizarlos a trabajar a sus extremos en cuanto a la corriente o tensión.

La temperatura será es siempre un factor a tener en cuenta a la hora de seleccionar los dispositivos de este proyecto. Normalmente se puede ver su rango de temperaturas de trabajo en las etiquetas de llevan, para este proyecto será necesario que la temperatura máxima de trabajo sea del orden de 75 °C. Los tramos de cableado deben también asegurar el aguante suficiente a la altas temperaturas.

Todos los subsistemas de la instalación tendrán al menos un punto de conexión y desconexión para tener la posibilidad de la aislarlo cuando la circunstancia lo requiera ya sea para llevar a cabo tarea de mantenimiento y/o reparación o sustitución de forma segura y sin la necesidad de parar toda la instalación. Los dispositivos habituales para esta función son los **interruptores**. Los **seleccionadores** permiten la desconexión de la una línea cuando los receptores no están funcionando.

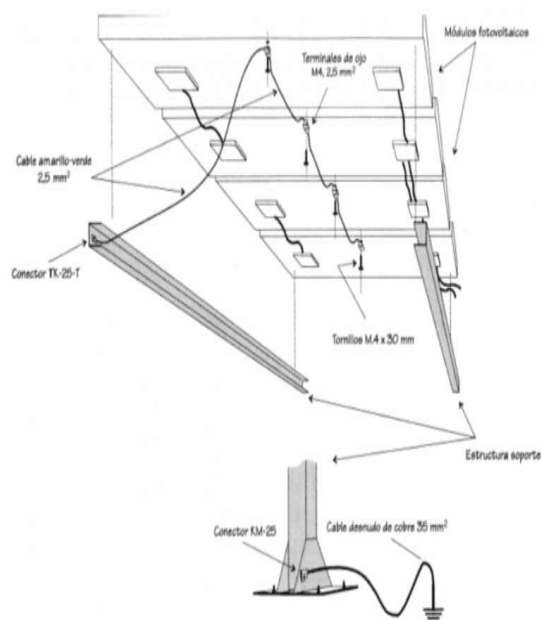
Las condiciones de puesta a tierra de la instalación fotovoltaica están comentadas en artículo 12 de Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión pero es para instalaciones interconectadas⁵.

3.2.1.4.2.- Puesta a tierra.

La **puesta a tierra de instalaciones fotovoltaicas** es aspecto que provoca mucha controversia a día de hoy, puesto que no una reglamentación específica y sólida detrás. Generalmente es realizado por el instalador según su conveniencia. La puesta a tierra comprende tanto la puesta a tierra de los equipos (tierra de protección) como la puesta a tierra de un conductor activo (tierra del sistema).

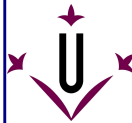
3.2.1.4.2.1.- Toma de tierra de sistemas fotovoltaicos.

Normalmente, las placas fotovoltaicas llevan un pequeño orificio en su parte trasera para la conexión a tierra a fin se proteger tanto el módulo como las demás partes metálicas expuesta contra tormentas, contactos indirectos, etc.



Tal y como se puede ver la *vea la Figura 11*, la puesta a tierra de los paneles y las *Figura 11: Puesta a tierra de la instalación fotovoltaica. (Fuente: Sunfields).*

⁵ Instalaciones fotovoltaicas interconectadas son aquellas que normalmente trabajan en paralelo con la red de la empresa distribuidora (Fuente: RD 1663/2000.Art. 1 b.)

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 29/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

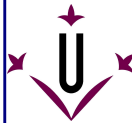
estructuras de soporte se debe realizar a través del orificio que generalmente viene indicado con el símbolo eléctrico de tierra a través del marco de aluminio. De todos modos, a efectos eléctricos, a pesar de lo dicho acerca del tratamiento superficial de aluminio, el marco de un panel solar se debe considerar como una **parte metálica expuesta**.

- No se debería atornillar directamente el cable conductor de protección a tierra en el marco de los paneles sino mediante un terminal auxiliar, de esta forma se permite realizar la sustitución de un panel sin quitar la protección a tierra de la resta de módulos.
- En caso que el anclaje de la estructura de la soporte esté directamente collado al suelo, no se recomienda utilizarlo para conectar directamente la puesta a tierra.
- El conductor de protección a tierra de los módulos solares debe ir conectado a algún punto de la estructura.
- Los conductores de protección deben conectarse al punto de **puesta a tierra de la instalación**, que a su vez se conectará al electrodo principal de tierra (generalmente de tipo pica o jabalina) a través del conductor de enlace.
- Las **secciones de los conductores de protección** y de enlace, y las características de los electrodos de tierra (dimensiones, conexiones, etc.), cumplirán lo prescrito en los correspondientes reglamentos electrotécnicos de baja tensión REBT.
- El conductor de puesta a tierra del sistema fotovoltaico debe ser desnudo, o ir protegido bajo tubo.

3.2.1.4.2.2.- Puesta a tierra del sistema

Para un funcionamiento seguro de los dispositivos se debe por a tierra un conductor activo de corriente continua, para utilizar los dispositivos de corte y protección unipolares. Lo siguiente se debe tener en cuenta para no cometer errores frecuentes:

- Debe haber un único punto de conexión a tierra, llamado **tierra del sistema**. De no ser así, cabe la posibilidad de que haya circulación de corriente por los conductores de protección, de forma que provocaría que el funcionamiento de los reguladores de carga y de los inversores fuese poco fiable. Además, estas corrientes podrían interferir en el funcionamiento de los dispositivos detectores de fugas de corriente y de protección contra sobrintensidades.

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 30/61	<i>Boubacar Cissé</i>	

*“Una solución práctica y sencilla consiste en unir eléctricamente los bornes de los conductores activos (o centrales) puestos a tierra, con bornes de conductores de protección (unido al electrodo de tierra a través del conductor principal de tierra). En resumen: **unir todas las tierras**”.*⁶

(Fuente: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/puesta-a-tierra-de-instalaciones-con-placas-solares/>).

3.3.- Conexión de la instalación con la red de distribución interna.

La conexión de la instalación fotovoltaica a la red interna se efectúa a través de dos canales distintos. Por el primer canal, se distribuye directamente corriente continua a 12 V a través de la red de cableado interno de la instalación. Este primer canal inyecta la energía acumulada en las batería a la instalación para su uso en los dispositivos que consumen esta energía. Principalmente bombillas de 12 V/48 V. Por otra parte, tenemos el circuito de corriente alterna. Este circuito es alimentado por el inversor que alimenta la instalación a 220/230 Vdc. Nos referiremos a las siguientes normas.

- ITC-40 del REBT. Instalaciones generadoras de BT.
- RD 661/2007 que regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- UNE 61727 Sistemas FV. Características de la interfaz de conexión a la red.
- UNE 61.173 Protección contra las sobretensiones de los sistemas FV productoras de energía.

3.3.1.- Componentes de la instalación.

a) Carga de la Instalación.

La instalación esta compuesta por tres bloques de tres salas docentes cada bloque, haciendo un total de 9 salas docentes. Por otra parte, tenemos bloques pequeños que donde se encuentra la dirección y las salas de profesores. En la Figura 12, se pueden observar dos de los tres bloques docentes y las dos direcciones.

⁶ Fuente: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/puesta-a-tierra-de-instalaciones-con-placas-solares/>.



Figura 12: Representación en vista Sketchup del complejo escolar.

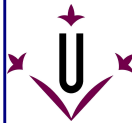
A efectos de cálculos, se considera que gran parte del consumo se reparte entre las tres salas docentes. Los equipos receptores serán sobre todo: bombillas fluorescentes, proyectores de imágenes, altavoces de sonido y ordenadores portátiles. En la Tabla 3.1 se detallan el consumos de los aparatos de las instalación.

Tabla 3.1 : Tabla resumen de las cargas del sistema.

Descripción	Uds	Potencia (W/U)	Potencia Total (W)	Horas de uso (h)	Consumo (Wh)
Ventiladores de techo	21	70	1.470	4	5.880
Bombilla fluorescente	33	36	1.188	3	3.564
Proyector de vídeos con altavoces incorporados	3	140	420	4	1.680
Otros aparatos conectados	1	500	500	3	1.500
Ordenador portátil	5	45	225	4	900
Subtotal			3.803		13.524
Factor de pérdidas	10%		381		1.353
Total			4.184		14.877

b) Regulador de carga.

El regulador de carga solar como se define en el 3.2.1.2.2.- Regulador, tiene la función de proteger a la instalación contra sobrecargas y/o descargas excesivas. Se instala entre el campo fotovoltaico y la resta de la instalación (baterías y carga del sistema). Normalmente tiene una entrada de DC proveniente de los módulos y algunos modelos también permiten otra entrada de AC que se obtiene del sistema de subministro de

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	
Doc. 2/7 pág. 32/61	<i>Boubacar Cissé</i>	Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior

tensión alterna (grupo electrógeno por ejemplo) y dos salidas de DC; una para las baterías y otra para la instalación directamente o para el inversor.

A efectos de cálculo, el fabricante o proveedor del regulador no facilita los rangos de trabajo en corriente y tensión. Normalmente esta información se haya en la ficha técnica y sobre una etiqueta o placa que lleva el propio dispositivo. La tensión máxima que puede soportar el regulador nos permite saber cuántos módulos podemos instalar en serie y el corriente máximos nos dice cuántas series de módulos podemos poner el paralelo. Después esos cálculos, se debe tener en cuenta también la potencia máxima del regulador que normalmente es inferior al producto del máximo corriente por la máxima tensión. Finalmente, el voltaje de salida del regulador: 12 V, 24 V o 48 V, son los más comunes. Dependiendo del voltaje de salida del regulador las baterías se conectarán para adaptarse a ese voltaje.

c) Inversor.

El inversor es alimentado por el regulador (lo más recomendado para controlar la descarga de las baterías) con corriente continua (DC) a un cierto voltaje (12 V, 24 V o 48 V) y ofrece tensión alterna a la salida. Normalmente la tensión de salida suele ser de 220 o 230 Vac, pero esa información se debe verificar antes de instalar el inversor ya que no todos los dispositivos son compatibles a esas dos tensiones. El voltaje nominal de trabajo del inversor debe ser el de la salida del regulador o baterías o habrá que instalar un adaptador de tensión que nos baje o suba el voltaje al que necesite el inversor.

d) Baterías.

El numero de baterías instaladas depende de varios factores. Una de ellas es la autonomía que se requiere. Pero también hay el factor de profundidad de descarga o el consumo energético de la instalación. Está instalación se diseña para que tenga una autonomía de 1 día debido a las poco casi inexistencia de días de total nublado. Es decir, cuando las baterías estén cargadas, deberán ser capaces de proporcionar la energía necesaria durante un día sin tener que cargarlas. Se instalarán de forma que trabajen con una tensión de 48 Vdc. Este voltaje de trabajo nos permite reducir la sección de los cables ya que la intensidad de trabajo es la mitad que trabajando a 24 Vdc.

e) Módulos fotovoltaicos.

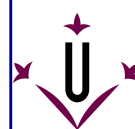
El dimensionado de los módulos viene condicionado sobretudo por el consumos de la instalación. Pero no siempre, también depende del comportamiento del consumo. Si hay picos de consumo, durante franjas horarias, puede condicionar el diseño del generador fotovoltaico en la misma zona climática. El numero total de los módulos requeridos depende de la potencia para la que se diseña la instalación el las potencia individual del modelo elegido.

3.3.2.- Condiciones generales de conexiones.

La instalación estará alimentado por tensión alterna a 230 V, con los cual todos los dispositivos instalados deben estar preparados para trabajar con las características de corriente alterna de onda sinusoidal pura. Toda la corriente alterna estará proporcionada por el único inversor presente aunque la habrá selectores para aislar eléctricamente distintas partes de la instalación en funciona de las necesidades de la circunstancia. Como se puede ver en el punto a) del apartado 3.3.1, la instalación se diseñará para que trabaje a **13,8 kWh**. Para el cálculo de la potencia no se aplicara el factor de potencia ya que se considera 1 por falta de inductancias.

Tabla 3.2: Características generales del Generador fotovoltaico

Características generales del Generador fotovoltaico	
Potencia del generador	3 kW
N.º total de módulos	12
N.º módulos en serie	2
N.º Módulos en paralelo	6
Voltaje circuito DC	75,78 Vdc
Intensidad circuito DC	61,88 Vdc



3.3.2.1- Cuadro eléctrico y equipos de protección.

a) Interruptor General Manual.

El Interruptor General Magneto-térmico (IGM-IFV) es un dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la Instalación fotovoltaica de la red de distribución. Debe poder accionarse manualmente. Las características de los IGM-IFV son las indicadas en la Norma UNE 20317. Tendrá un poder de corte suficiente para la corriente de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo. Puede ser bipolar (dos polos protegidos) o tetrapolar (tres polos protegidos más neutro seccionable). La protección magnetotérmica actuará como máximo a la potencia pico de la instalación y en ningún caso por encima del 130% de la potencia nominal de la instalación.



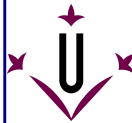
Figura 13: Interruptor General Manual de protecciones.

b) Interruptor Diferencial.

A fin de proteger a las personas en caso de derivación de algún elemento de la instalación, se dispondrá de un interruptor diferencial (en este caso, un vigilante de aislamiento). Se trata de un dispositivo electromecánico que protege a las personas de accidentes provocados por el contacto con partes activas de la instalación (contacto directo) o con elementos sometidos a potencial debido, por ejemplo, a una derivación por falta de aislamiento de partes activas de la instalación (contacto indirecto). También protegen contra los incendios que pudieran provocar dichas derivaciones.



Figura 14: Interruptor diferencia

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 35/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

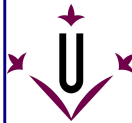
4.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico se realiza ajustando la producción a las necesidades energéticas de los receptores, ya que estos obtienen toda la energía requerida para su funcionamiento de las placas fotovoltaicas, con la intermediación del sistema de acumulación (baterías) y sistema de transformación (inversor). En este caso, el parámetro fundamental de diseño es el consumo energético, que está definido por la potencia de los receptores y las horas diarias de funcionamiento de la instalación/receptor. A partir de la superficie de captación y el tipo de módulo escogido, se dimensiona la instalación para conseguir una potencia justa y necesaria. Esta potencia dependerá en mayor parte, de la disposición (orientación e inclinación) de los módulos en la cubierta, que se debe realizar de manera óptima para conseguir captar el máximo de radiación, y por lo tanto, producir la energía que permite abarcar la instalación.

El dimensionado de esta instalación aislada parte del valor de la potencia eléctrica nominal que consigue la instalación, para sostener la instalación escolar durante las 6 horas diarias de clase. Así, el dimensionamiento de los inversores se debe realizar de acuerdo con la potencia nominal especificada. Los inversores para instalaciones aisladas en la red están sometidos a los picos de potencia que se pueden presentar en instalaciones autónomas, ya que deben ser capaces soportar estos instantes de consumos máximos puntuales que puede llegar a presentarse. Por dimensionamiento del subsistema de captación de energía o campo solar, el número de módulos necesarios N_{mod} , se calculará a partir de la potencia total necesaria para producir la energía que se pide, y proporcionarán una potencia pico, P_{mod} .

Los módulos se conectan en serie y paralelo para conseguir la potencia de entrada a suministrar al regulador para que pueda entregar la energía a las baterías. Hay que tener en cuenta el rendimiento de los inversores, η_{inv} , y el rendimiento de los subsistemas de transporte de la energía desde los módulos hasta el regulador, $\eta_{línia}$

[en los conductores se producen unas pérdidas de potencia por efecto Joule iguales a $R \cdot I^2$ (W / conductor), siendo R la resistencia del conductor y la intensidad que circula a través]. También se deben tener en cuenta las pérdidas, debidas a varios factores.

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 36/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

4.1.- Subsistema de regulación e inversión de corriente.

Para este proyecto se ha elegido un equipo que realiza la doble función de regulación de carga y conversión de corriente continua en alterna. Este equipo fue recomendado por una técnica de instalaciones fotovoltaicas de una de las mayores empresas de la región de Lleida en ese sector, CAG SA (Corporación Alimentaria de Guissona SA). Al juntar dos equipos en uno, se minimiza de forma considerable el número de conexiones y por lo tanto los de tramos de cableado. Eso finalmente repercutirá en la bajada de las pérdidas energéticas en los tramos de cableado y también en los costes de finales del proyecto. Facilita el mantenimiento de la instalación y la reparación en caso de avería. También se reduce la probabilidad de fallos de cálculo ya que ese equipo está diseñado para igualar las capacidades de trabajo de los dos sub-equipos.

4.1.1.- Características eléctricas del inversor/cargador

El equipo de doble funcionalidad elegido para la instalación del fabricante Voltronic Power reúne las características de resistencia a condiciones de trabajo en un ambiente especialmente caluroso. De hecho el rango de temperatura de trabajo de este equipo va de 0 a 55 °C. Por otra parte, el fabricante nos proporciona una serie de equipos donde elegir y ajustar las necesidades de nuestro sistema.

$$P_{inv.min} = 1,25 * P_{p.sist}$$

$$P_{inv.min} = 1,1 * 4.184 \text{ kW}$$

$$P_{inv.min} = 4,6 \text{ kW}$$

P_{inv.min} : Potencia pico mínimo del inversor.

P_{p.sist} : Potencia pico de la instalación.

A partir de este valor, teniendo en cuenta que en la instalación algunos de los receptores van a consumir potencia reactiva, se elegirá el tipo de inversor que nos genere una potencia en VA y que como mínimo no subministre $P_{inv.pico} = 4,6 \text{ kW}$. En

la siguiente tabla podemos observar que el inversor elegido cumple con las características requeridas para su uso en esta instalación.

Tabla 4.1: Resumen de las características eléctricas del equipo inversor/cargador.
 (Fuente : <https://voltronicpower.com/>).

MODEL	Axpert MKS 1K-12	Axpert MKS 2K-24	Axpert MKS 3K-24	Axpert MKS 3KP-24	Axpert MKS 4K	Axpert MKS 5K	Axpert MKS II 5K	Axpert MKS 5KP
Rated Power	1000VA/ 1000W	2000VA/ 2000W	3000VA/ 3000W	3000VA/ 2400W	4000VA/ 4000W	5000VA/ 5000W	5000VA/ 5000W	5000VA/ 4000W
Parallel Capability	No	No	No	Yes, 9 units	Yes, 9 units	Yes, 9 units	Yes, 9 units	Yes, 9 units
INPUT								
Voltage	230 VAC							
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)							
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)							
OUTPUT								
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC ± 5%							
Surge Power	2000VA	4000VA	6000VA		8000VA		10000VA	
Efficiency (Peak)	90% - 93%	93%		90%	93%	93%	90%	90%
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers) ; 20 ms (For Home Appliances)							
Waveform	Pure sine wave							
BATTERY								
Battery Voltage	12 VDC (24VDC and 48VDC versions are also available)	24 VDC	24 VDC (48VDC version is also available)	24 VDC		48 VDC		24 VDC
Floating Charge Voltage	13.5 VDC	27 VDC	27 VDC	27 VDC	54 VDC	54 VDC (optional 64VDC, please check with sales)	54 VDC	27 VDC
Overcharge Protection	15.5 VDC	31 VDC	31 VDC	30 VDC	60 VDC	60 VDC (optional 66VDC, please check with sales)	66 VDC	30 VDC
SOLAR CHARGER & AC CHARGER								
Maximum PV Array Power	500 W	600W	600W	1000W	4000W		4500W	2000W
MPPT Range @ Operating Voltage	15 VDC ~ 80 VDC	30 VDC~ 66 VDC	30 VDC~ 66 VDC	30 VDC~ 80 VDC	60 VDC~ 115 VDC		120 VDC~ 430 VDC	30 VDC~ 115 VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	102 VDC	75VDC	75VDC	100VDC	145 VDC		450 VDC	145 VDC
Maximum Solar Charge Current	40A	25A	25A	40A	80 A		80 A	80A
Maximum AC Charge Current	20A	30A	30A	60A	60 A		80 A	60A
Maximum Charge Current	60A	55A	55A	100A	140 A		80 A	140A
PHYSICAL								
Dimension,DxWxH (mm)	95 x 240 x 316	100 x 272 x 355		100 x 272 x 385	120 x 295 x 468			180 x 310 x 475
Net Weight (kgs)	5.2	7.0	7.4	7.5	12.5	13.5	11	12.5
ENVIRONMENT								
Humidity	5% to 95% Relative Humidity (Non-condensing)							
Operating Temperature	0°C - 55°C							
Storage Temperature	-15°C - 60°C							

* Typical transfer time for parallel operation is 30ms.
 Product specifications are subject to change without further notice.

La instalación dispone de varios ventiladores, los cuales son accionados por motores eléctricos. Eso supone que en el momento de arranque de esos, se daría lugar a un

consumo pico. Las características del inversor permite suministrar potencias picos de hasta 10 kW. Y por lo tanto, sabiendo que los motores son de bajo consumo (21 x 70 W), se cubre con totalidad esos posibles consumos picos que puedan producirse en los instantes de arranque.

4.1.2.- Características eléctricas del regulador.

Como podemos observar en la tabla siguiente, los datos eléctricos para el sistema de regulación de este equipo indican que el subsistema de almacenamiento debe trabajar a 48 VDC. Ese dato nos marca el sistema de conexión que habrá entre las baterías y el número total de batería que habrá que conectar en serie.

Tabla 4.2 : Características eléctricas del sistema de regulación de carga.

BATTERY								
Battery Voltage	12 VDC (24VDC and 48VDC versions are also available)	24 VDC	24 VDC (48VDC version is also available)	24 VDC	48 VDC			24 VDC
Floating Charge Voltage	13.5 VDC	27 VDC	27 VDC	27 VDC	54 VDC	54 VDC Max: 58VDC (optional 64VDC, please check with sales)	54 VDC	27 VDC
Overcharge Protection	15.5 VDC	31 VDC	31 VDC	30 VDC	60 VDC	60 VDC (optional 66VDC, please check with sales)	66 VDC	30 VDC

4.2.- SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN.

4.2.1.- RADIACIÓN SOLAR RECIBIDA.

En el momento de la redacción de este proyecto, sabemos de la existencia una única agencia de mediciones meteorológicas a Mali (*Agence malienne de métrologie – AMAM*), creada por el Decreto nº2017-0200/P-RM del 06 de marzo de 2017. Dada la juventud de la agencia lo cual también supone la baja experiencia que dispone, no ha sido posible obtener datos climáticos a partir de esta.

Por otra parte, existe un portal oficial de la comisión europea que nos proporciona esos datos necesarios para cualquier punto del planeta. A través de ese portal, conseguimos los valores de irradiación solar para una orientación horizontal en las

coordenadas polares de la instalación fotovoltaica. En las tablas podemos observar los valores mensuales de la irradiación solar durante los años 2015 y 2016.

Tabla 4.3: Valores mensuales de la irradiación solar. Año 2015 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).

year	month		H(h)	H(i_opt)	H(i)	Hb(n)	T2m
2015	Jan	31	180	208,27	206,97	199,92	25
2015	Feb	28	184,88	204,78	203,95	198,25	28,1
2015	Mar	31	214,11	221,62	221,52	198,48	29,8
2015	Apr	30	222,61	216,72	217,39	203,17	32,7
2015	May	31	208,37	194,3	195,39	171,16	32,5
2015	Jun	30	187,8	171,54	172,72	151,34	30,9
2015	Jul	31	183,07	169,48	170,49	137,63	27
2015	Aug	30	165,71	158,95	159,55	119,11	25,6
2015	Sep	31	176,68	177,97	178,14	137,95	26,1
2015	Oct	31	190,02	204,28	203,76	181,67	26,8
2015	Nov	30	174,4	199,36	198,23	192,65	25,9
2015	Dec	31	164,74	192,21	190,93	178,96	23,4

De la Tabla 4.3 dividimos los valores mensuales por el numero de días de cada mes para obtener valores medios diarios.

Tabla 4.4: Valores medios diarios de la irradiación solar. Año 2015 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).

year	month	d	H(h)d	H(i_opt)d	H(i)d	Hb(n)d	T2m
2015	Jan	31	5,81	6,72	6,68	6,45	25,00
2015	Feb	28	6,60	7,31	7,28	7,08	28,10
2015	Mar	31	6,91	7,15	7,15	6,40	29,80
2015	Apr	30	7,42	7,22	7,25	6,77	32,70
2015	May	31	6,72	6,27	6,30	5,52	32,50
2015	Jun	30	6,26	5,72	5,76	5,04	30,90
2015	Jul	31	5,91	5,47	5,50	4,44	27,00
2015	Aug	30	5,52	5,30	5,32	3,97	25,60
2015	Sep	31	5,70	5,74	5,75	4,45	26,10
2015	Oct	31	6,13	6,59	6,57	5,86	26,80
2015	Nov	30	5,81	6,65	6,61	6,42	25,90
2015	Dec	31	5,31	6,20	6,16	5,77	23,40

Tabla 4.5: Valores mensuales de la irradiación solar. Año 2016 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).

year	month		H(h)	H(i_opt)	H(i)	Hb(n)	T2m
2016	Jan	31	151,37	173,83	172,79	150,84	25,2
2016	Feb	29	188,19	207,84	207,04	197,03	26,6
2016	Mar	31	217,41	225,2	225,09	206,67	30,8
2016	Apr	30	218,03	212,18	212,84	198,37	33,8
2016	May	31	209,81	194,97	196,11	177,22	32,6
2016	Jun	30	195,45	178,76	179,97	156,22	29,5
2016	Jul	31	170,36	158,27	159,17	119,12	26,4
2016	Aug	30	179,45	172,07	172,73	131,13	25,5
2016	Sep	31	192,15	193,93	194,12	167,4	26,1
2016	Oct	31	193,56	208,16	207,64	189,66	27,6
2016	Nov	30	170,41	194,42	193,34	183,99	27,3
2016	Dec	31	168,45	198,31	196,91	195,25	24,7

De la Tabla 4.5: dividimos los valores mensuales por el numero de días de cada mes para obtener valores medios diarios.

Tabla 4.6: Valores medios diarios de la irradiación solar. Año 2016 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).

year	month		H(h)d	H(i_opt)d	H(i)d	Hb(n)d	T2m
2016	Jan	31	4,88	5,61	5,57	4,87	25,20
2016	Feb	29	6,49	7,17	7,14	6,79	26,60
2016	Mar	31	7,01	7,26	7,26	6,67	30,80
2016	Apr	30	7,27	7,07	7,09	6,61	33,80
2016	May	31	6,77	6,29	6,33	5,72	32,60
2016	Jun	30	6,52	5,96	6,00	5,21	29,50
2016	Jul	31	5,50	5,11	5,13	3,84	26,40
2016	Aug	30	5,98	5,74	5,76	4,37	25,50
2016	Sep	31	6,20	6,26	6,26	5,40	26,10
2016	Oct	31	6,24	6,71	6,70	6,12	27,60
2016	Nov	30	5,68	6,48	6,44	6,13	27,30
2016	Dec	31	5,43	6,40	6,35	6,30	24,70

Finalmente, combinamos los valores diarios de los dos periodos para tener unos datos de referencia. La siguiente tabla contiene los valores diarios medios entre los periodos 2015 y 2016.

Tabla 4.7: Valores medios diarios de la irradiación solar. Año 2015 y 2016 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).

month	d	H(h)d	H(i_opt)d	H(i)d	Hb(n)d	T2m
Jan	31	5,34	6,16	6,13	5,66	25,10
Feb	28	6,55	7,24	7,21	6,94	27,35
Mar	31	6,96	7,21	7,20	6,53	30,30
Apr	30	7,34	7,15	7,17	6,69	33,25
May	31	6,74	6,28	6,31	5,62	32,55
Jun	30	6,39	5,84	5,88	5,13	30,20
Jul	31	5,70	5,29	5,32	4,14	26,70
Aug	30	5,75	5,52	5,54	4,17	25,55
Sep	31	5,95	6,00	6,00	4,93	26,10
Oct	31	6,19	6,65	6,64	5,99	27,20
Nov	30	5,75	6,56	6,53	6,28	26,60
Dec	31	5,37	6,30	6,26	6,04	24,05

Nomenclatura usada:

H(h): Irradiación sobre un plano horizontal (kWh/m²).

H(i_opt): Irradiación sobre un plano con inclinación optima, 16° (kWh/m²).

H(i): Irradiación sobre un plano con inclinación de 15° (kWh/m²).

Hb(n): irradiación mensual (directa) sobre un plano siempre perpendicular a los rayos solares (kWh/m²).

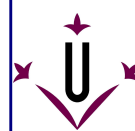
H(h)d: Irradiación sobre un plano horizontal (kWh/m²/día).

H(i_opt)d: Irradiación sobre un plano con inclinación optima, 16° (kWh/m²/día).

H(i)d: Irradiación sobre un plano con inclinación de 15° (kWh/m²/día).

Hb(n)d: irradiación mensual (directa) sobre un plano siempre perpendicular a los rayos solares (kWh/m²/día).

T2m: Temperatura media en 24h.



Los datos de la radiación solar incidentes sobre la superficie inclinada, proporcionados por el portal *PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM*, se pueden considerar como datos fiables y por lo tanto, los utilizaremos para dimensionar la instalación fotovoltaica. El valor óptimo en término anual se encuentra con una inclinación de 16° . Pero es cierto que durante de los meses de verano (Julio-Septiembre) hay vacaciones por lo cual el complejo escolar permanece cerrado. En esos meses la necesidad energética disminuye. Por esa razón, el dimensionamiento se hará teniendo en cuenta solo los datos solares de los meses del calendario escolar (Octubre – Junio). El mes de menor radiación solar medio por día para el emplazamiento de la escuela, como se puede observar en la Tabla 4.8: , es de junio. Eso se explica porque junio es el mes que da inicio a la temporada de lluvias a Mali y por lo tanto, los tres meses siguientes (julio, agosto y septiembre) son los de menor producción solar. En resumen, el mes de referencia para el cálculo de la instalación fotovoltaica es será el mes de Junio.

Tabla 4.8: *Valores medios diarios de la irradiación solar durante el mes junio. Año 2015 y 2016 (Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#TMY).*

month	d	H(h)d	H(i_opt)d	H(i)d	Hb(n)d	T2m
Jun	30	6,39	5,84	5,88	5,13	30,20

Nomenclatura usada:

H(h)d: Irradiación sobre un plano horizontal ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$)

H(i_opt)d: Irradiación sobre un plano con inclinación óptima, 16° ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$)

H(i)d: Irradiación sobre un plano con inclinación de 15° ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$)

Hb(n)d: irradiación mensual (directa) sobre un plano siempre perpendicular a los rayos solares ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$)

T2m: Temperatura media en 24h en grados celsius.

4.2.2.- Módulo Bosch Solar Module c-Si M 60 250 Wp.

Para este proyecto, se ha escogido el módulo **Bosch Solar Module c-Si M 60**, del conocido fabricante alemán multinacional de equipos eléctricos y electrónicos. Las características del mismo se detallan en la siguiente tabla.

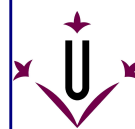


Tabla 4.9: Características eléctricas del módulo solar **Bosch Solar Module c-Si M 60**
(Fuente: <https://www.bosch.com/>).

Bosch Solar Module c-Si M 60 EU30117 EU30123							
Length [x]	Width [y]	Frame height [z]	Weight	Junction box	Plug connector type	Cable [l]	Front glass surface
1660.0	990.0	50.0	19.5	IP 65	MC4	-800 +1200	Structured
x, y, l in mm, ±2; z in mm, ±0.3; weight in kg ±0.5							
Crystalline solar module							
Performance classes			235 Wp, 240 Wp, 245 Wp, 250 Wp, 255 Wp, 260 Wp, 265 Wp				
Performance sorting			-0/+4.99 Wp				
Structure			Glass-foil laminate ► Anodized aluminum frame ► Junction box (IP 65) with 3 bypass diodes ► Weather-resistant back sheet (white)				
Cells			60x monocrystalline solar cells in 156 mm x 156 mm format				
Mechanical load			5400 Pa superimposed load, 2400 Pa suction load, in accordance with IEC 61215 (extended test)				
Electrical characteristics for STC ¹ :							
Designation	P _{mp} [Wp]	V _{mp} [V]	I _{mp} [A]	V _{oc} [V]	I _{sc} [A]	Reverse-current load capacity [A]	
265	265	30.87	8.59	38.93	9.27	25	
260	260	30.58	8.51	38.81	9.24	25	
255	255	30.31	8.42	38.69	9.21	25	
250	250	30.31	8.25	37.90	8.82	25	
245	245	30.10	8.20	37.70	8.70	25	
240	240	30.00	8.10	37.40	8.60	25	
235	235	29.90	8.00	37.10	8.50	25	
Reduction in module efficiency with decrease in irradiation level from 1000 W/m² to 200 W/m² (at 25 °C): -0.33% (absolute); measuring tolerance P _{mp} ±3%							
Electrical characteristics for NOCT ² :							
Designation	P _{mp} [W]	V _{mp} [V]	V _{oc} [V]		I _{sc} [A]		
265	193	27.72	35.67		7.48		
260	189	27.46	35.56		7.46		
255	186	27.23	35.45		7.43		
250	182	27.36	34.82		7.11		
245	177	27.07	34.09		6.92		
240	173	26.98	34.00		6.84		
235	169	26.87	33.89		6.76		
NOCT: Normal Operation Cell Temperature 48.4 °C; Irradiation level 800 W/m², AM 1.5, temperature 20 °C, wind speed 1 m/s, electrical open circuit operation							

4.2.2.1- Rendimiento del módulo.

El **Bosch Solar Module c-Si M 60** elegido para este proyecto tiene una potencia nominal de 250 Wp en condiciones de certificación, lo cual significa que estaríamos trabajando a unas condiciones de ambiente estándar. Sin embargo, es casi imposible calcular el rendimiento real de trabajo del módulo, puesto que las condiciones ambientales son continuamente variables con el tiempo. Calcularemos el rendimiento en condiciones estándares y lo tendremos en cuentas de forma aproximada y orientativa.

$$\eta = 100 \cdot P / (P_f \cdot S)$$

$$\eta = 17,12 \%$$

$$P_f = 1000 \text{ W/m}^2$$

$$P = 250 \text{ W}$$

$$S = 0,156 \text{ m} \cdot 0,156 \text{ m} \cdot 60$$



$$S = 1,46 \text{ m}^2$$

η : Rendimiento del módulo [%]

P: Potencia nominal del módulo [W]

Pf: Potencia de referencia de la radiación solar por m².

S: Superficie útil de las células [m²].

4.2.2.2- Distancia entre ramales.

En el apartado **3.2.1.1.5.-** se ha hecho hincapié en el gran impacto en términos negativos que puede tener las sombras sobre un campo fotovoltaico, donde se haya la necesidad de evitarlas. Para ello se debe calcular la distancia mínima que debe haberse entre diferentes ramales de un campo fotovoltaico si esos se encuentran en paralelo. Para este proyecto, se recomienda que los módulos se monten con un único ramal ya que hay espacio suficiente en la cubierta para ello.

Por otra parte, la distancia mínima requerida para minimizar esos efectos se calcula de la siguiente forma.

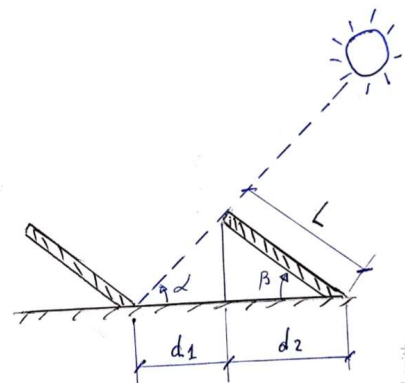


Figura 15: Distancia mínima entre dos módulos consecutivos

$$D_{min} = d_1 + d_2$$

$$D_{min} = \sin(\beta) * L / \tan(\alpha) + \cos(\beta) * L$$

$$D_{min} = L * (\cos(\beta) + \sin(\beta) / \tan(\alpha))$$

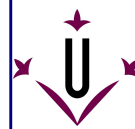
$$D_{min} = 1,76 \text{ m}^7$$

Dmin: distancia de separación mínima entre módulos.

L: longitud del módulo; L = 1,66 m

α : altura mínima de los rayos en mediodía solar; 70°

7 A efectos de cálculo, se tendrá en cuenta la bajada de rendimiento por las características severas del clima a Badinko, marcadas por las altas temperaturas. Temperaturas diurnas medias alcanzan los 40 °C. Por lo tanto, el rendimiento a efectos de cálculo será de 15%.



β : Ángulo de inclinación de los módulos; $\beta = 15^\circ$

En la Figura 16 se muestra los cambios en la altura solar a lo largo del año en el pueblo de Badinko. En ella, podemos ver que con acimut igual a 0, la altura solar mínima es de 70° en mediodía solar.

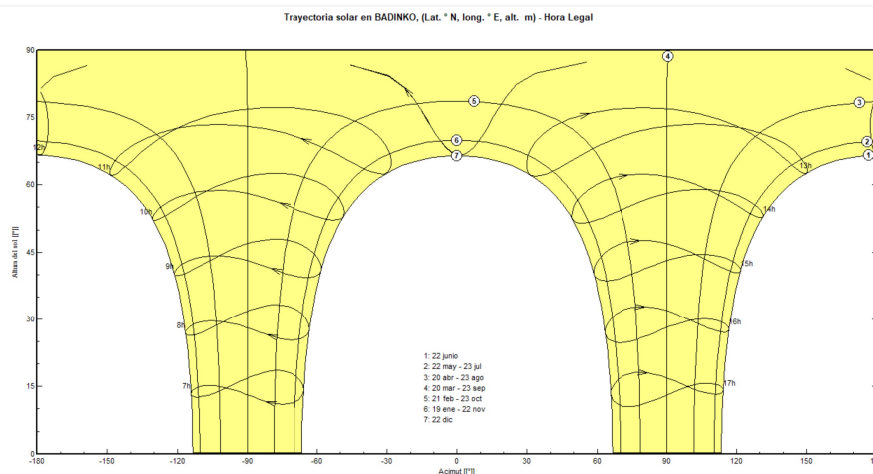
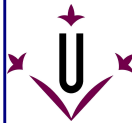


Figura 16: Altura solar a Badinko. (Fuente: <https://www.pvsyst.com/>)

4.2.2.3- Pérdidas por ensombrecimiento.

El cálculo por ensombrecimiento es complejo de realizarse de forma analítica. Normalmente se alguna a través de software de cómputo donde se estiman las características aproximada que tendrás los objetos causante de sombra y las sombras producidas por el auto-ensombrecimiento de los propios módulos. El ordenador calculo las pérdidas producidas por ese efecto y nos lo refleja en los resultados de la simulación.

Dadas las características de la instalación en cuestión, sabemos que hay arboles, edificios u otros objetos que puedan ensombrecer a las placas. Por lo tanto, instalando los módulos en una única filare, se evitaría por ese problema.

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	
Doc. 2/7 pág. 46/61	<i>Boubacar Cissé</i>	Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior

4.2.2.4.- Número de módulos.

Teniendo en cuenta el ángulo de inclinación de 15° y la orientación de acimut 0° y habiendo elegido los módulos solares *Bosch Solar Module c-Si M 60 de 250 Wp*, el nombre total de módulos requeridos dependerá únicamente del consumo energético de la instalación.

$$N^{\circ}mod = E_{consum} / E_{mod}$$

N°mod : número de placas fotovoltaicas necesarias.

Econsum : Energía consumida por la instalación; *Econsum* =13,8 kWh/día.

Emod : Energía producida por un módulo;

$$E_{mod} = \eta * H(i) * S_{mod}$$

$$E_{mod} = 15\% * 5,88 \text{ kWh/m}^2/\text{día} * 1,46 \text{ m}^2/\text{mod}$$

$$E_{mod} = 1,28 \text{ kWh/día}$$

η : Rendimiento de los módulos, vea 4.2.1.-; 15%.

H(i) : Energía solar media incidente sobre un plano de 15° de inclinación a Badinko, vea 4.1.- ; 5,88 kWh/m²/día.


Smod : superficie útil de un módulo, vea 4.2.1.-; 1,46 m².

$$N^{\circ}mod = 14,877 \text{ kWh/día} / 1,28 \text{ kWh/día/mod}$$

$$N^{\circ}mod \simeq 12 \text{ modulos}$$

Se elige finalmente un total de **12 módulos** para cubrir las necesidades de la instalación escolar.

NOTA: Hay otras formás válidas para llegar al mismo resultado. Como es el caso de la formula que se emplea en el libro denominado *Tecnología Solar* (2005) del cual Joan

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	
Doc. 2/7 pág. 47/61	<i>Boubacar Cissé</i>	Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior

Ignaci Rosell Urrutia es uno de los autores, Tutor de este trabajo y profesor de Física en la Universidad de Lleida. En dicho libro, se recomienda el uso de la siguiente fórmula:

$$N^{\circ}mod = 1,1 * E_{consum} / (P * H(i))$$

$$N^{\circ}mod = 1,1 * 14,877 \text{ kWh/día} / (0,250 \text{ kW} * 5,88 \text{ h/día})$$

$$N^{\circ}mod \simeq 12 \text{ módulos}$$

En este caso, H(i) se expresa en horas de pico solar al día. Es decir, las horas equivalentes del día con pico solar (1000 W/m²).

4.2.3.- Parámetros eléctricos del subsistema de captación.

Teniendo en cuenta las características eléctricas del regulador de carga, procedemos a calcular el número de módulos en serie y en paralelo. El Rango de voltaje de trabajo del regulador es entre 60 y 115 VDC. Por lo tanto, los módulos deben conectarse tal que puedan suministrar esa potencia al sistema de regulación. Se debe evitar de todos modos que se supere la corriente máxima que admite el equipo regulador de carga. Para ello se aplicará un factor de seguridad del 1,25 a la intensidad del sistema de generación. Ese factor será necesario puesto que la corriente del circuito aumenta de forma proporcional a la temperatura cosa que ocurrirá de forma diaria puesto que la instalación se encuentra en un ambiente especialmente caluroso. El mismo factor se va considerar para la Intensidad de cortocircuito del sistema.

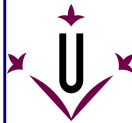
- **Módulo en serie.**

$$(N^{\circ}mod.s)_{min} = (V_{mpp.reg})_{min} / V_{mpp}$$

$$(N^{\circ}mod.s)_{max} = (V_{mpp.reg})_{max} / V_{mpp}$$

$$(N^{\circ}mod.s)_{min} = 60 \text{ VDC} / 30,31 \text{ VDC}$$

$$(N^{\circ}mod.s)_{min} = 1,98 \text{ módulos}$$

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	
Doc. 2/7 pág. 48/61	<i>Boubacar Cissé</i>	

$$(N^{\circ}mod.s)_{max} = 115 \text{ VDC} / 30,31 \text{ VDC}$$

$$(N^{\circ}mod.s)_{max} = 3,8 \text{ modulos}$$

Después de este análisis, se elige finalmente

$$N^{\circ}mod.s = 3$$

Comprobamos que con 2 módulos en serie no se supera la tensión máxima de trabajo del cargador. Se debe cumplir la siguiente relación.

$$V_{max.reg} > 1,25 * V_{oc.sist}$$

$$V_{oc.sist} = V_{oc} * N^{\circ}mod.s$$

$$V_{oc.sist} = 37,9 \text{ VDC} * 3$$

$$V_{oc.sist} = 113,7 \text{ VDC}$$

$$V_{max.reg} > 1,25 * 113,7 \text{ VDC}$$

$$V_{max.reg} > 142,13 \text{ VDC}$$

$V_{max.reg}$: Tensión máxima admisible por el regulador. Vea la Tabla 4.1: $V_{max.reg} = 145 \text{ VDC}$.

$V_{oc.sist}$: Tensión de circuito abierto el campo fotovoltaico.

$(N^{\circ}mod.s)_{max}$: Número máximos de módulos en serie.

$(V_{mpp.reg})_{min}$: Tensión mínimo de trabajo del cargador.

$(V_{mpp.reg})_{max}$: Tensión pico máximo de trabajo del cargador.

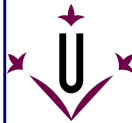
V_{mpp} : Tensión pico del módulo.

- **Módulo en serie.**

$$N^{\circ}mod.p = N^{\circ}mod / N^{\circ}mod.s$$

$$N^{\circ}mod.p = 12 / 3$$

$$N^{\circ}mod.p = 4 \text{ módulos}$$

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 49/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

Nºmod.p : Número de módulos en paralelo.

Comprobamos que con 6 módulos en paralelo no se supera la corriente máxima de trabajo del cargador. Se debe cumplir la siguiente relación.

$$I_{p.reg} > 1,25 * I_{mpp.sist}$$

$$I_{mpp.sist} = I_{mpp} * N^{\circ}mod.p$$

$$I_{mpp.sist} = 8,25 \text{ ADC} * 4 \text{ mod}$$

$$I_{mpp.max} = 33 \text{ ADC}$$

$$I_{p.reg} > 1,25 * I_{mpp.sist}$$

$$I_{p.reg} > 1,25 * 33 \text{ ADC}$$

$$I_{p.reg} > 41,25 \text{ ADC}$$

I_{p.reg} : Corriente pico de trabajo del regulador, Vea la tabla Tabla 4.1:, ***I_{p.reg}* = 80 ADC**

I_{mpp.sist} : Corriente pico de salida del generador fotovoltaico.

Nºmod.p : Número de módulos en paralelo.

Comprobamos que con 6 módulos en paralelo no se supera la corriente máxima admisible del cargador. Se debe cumplir la siguiente relación.

$$I_{max.reg} > 1,25 * I_{sc.sist}$$

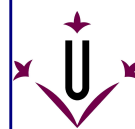
$$I_{sc.sist} = I_{sc} * N^{\circ}mod.p$$

$$I_{sc.sist} = 8,82 \text{ ADC} * 4 \text{ mod}$$

$$I_{sc.sist} = 35,28 \text{ ADC}$$

$$I_{max.reg} > 1,25 * I_{sc.sist}$$

$$I_{max.reg} > 1,25 * 35,28 \text{ ADC}$$



$$I_{\max.\text{reg}} > 44,1 \text{ ADC}$$

$I_{\max.\text{reg}}$: Corriente máximo del regulador, Vea la Tabla 4.1.: **$I_{\max.\text{reg}} = 140 \text{ ADC}$** .

$I_{\text{sc.sist}}$: Corriente de corto-circuito de salida del generador fotovoltaico.

$N^{\circ}\text{mod.p}$: Número de módulos en paralelo.

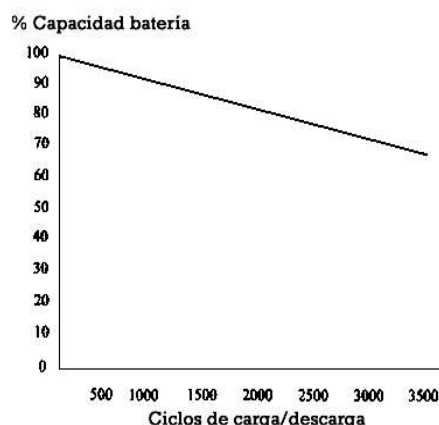
Tabla 4.10 : Resumen de valores eléctricos del campo fotovoltaico.

Sistema fotovoltaico	
Pmpp.sist	3.000,00 Wp
Pmax	3.750,00 W
Impp.sist	41,25 A DC
Vmpp.sist	113,66 V DC
Isc.sist	44,10 A DC
Voc.sist	142,13 V DC

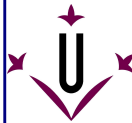
4.3.- Subsistema de acumulación.

4.3.1.- Capacidad de las baterías.

El número total de baterías usada depende principalmente de dos factores: los días de autonomía que se requiere para la instalación y la profundidad de descarga. El primero viene condicionado por la condiciones climáticas de la zona, es decir, los día de nublado u otros factores que limitan la actividad de producción de energía solar. En ese caso, la probabilidad de días de total nubosidad es relativamente baja. También sabemos que los días de menor producción solar se producen durante los meses lluviosos de primavera (julio-septiembre) que también coinciden con las vacaciones de las escuelas públicas. Con lo cual se entiende que un día de autonomía para



Gráfica 5: Vida útil de la batería expresado en función de ciclos y profundidad de descarga.

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 51/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

la instalación es suficiente. Por otra parte, la profundidad de descarga pretende controlar la vida útil de las baterías. A mayor profundidad de descarga, menor ciclo podrá realizar las baterías, pues baja su vida útil. En siguiente gráfica, se muestra la relación de ciclos de carga/descarga con la durada de vida de la batería⁸.

Finalmente, la capacidad de las baterías se calcula de la siguiente forma.

$$C_{bat.} = I_{inst.} * D / P_{desc.}$$

Cbat : Capacidad total de las baterías [Ah].

Iinst. : Intensidad consumida por la instalación [Ah/día].

D : Días de autonomía [día].

Pdesc. : Profundidad de descarga de las baterías [%], **Pdesc.** = 35%

$$I_{inst.} = 1,25 * E_{consum} * 1\,000 / V_{bat}$$

Econsum : Energía diaria consumida por la instalación [kWh/día], vea 4.1.-, **Econsum** = 14,877 kWh/día.

Vbat : Voltaje de trabajo de las batería [V], **Vbat** = 48 V.

$$I_{inst.} = 1,25 * 14,877 \text{ kWh/día} * 1\,000 / 48 \text{ V}$$

$$I_{inst.} = 387,42 \text{ Ah/día}$$


La capacidad total de las batería será:

$$C_{bat.} = I_{inst.} * D / P_{desc.}$$

$$C_{bat.} = 387,42 \text{ Ah/día} * 1 \text{ día} / 0,35.$$

$$C_{bat} = 1.107 \text{ Ah}$$

⁸ Las unidades de DOD (*Depth of Discharge*) son expresadas en puntos porcentuales (100% = vacía; 0% = completa).

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 52/61	<i>Boubacar Cissé</i>	

Cbat. : Capacidad de acumulación de la baterías.

4.3.2.- Tipo de baterías.

Se elige las baterías de tipo 3k del fabricante tailandés Thai Storage Battery Public Company Limited. Esas baterías destacan por su baja necesidad de mantenimiento.

Poseen una vida útil relativamente larga y con la capacidad que se requiere para este proyecto. Están garantizadas si se compran a través del proveedor autorizado. Su características más destacables son:

- Tecnología de última generación
- Vida útil prolongada
- Potencia de arranque confiable
- Alto rendimiento



Figura 17: Batería de la marca 3k

Para la instalación se plantea reducir el número de batería usadas, con lo cual las capacidad individual de ellas tendrá de ser elevado. Concretamente, se prevé la instalación de baterías con 200 Ah de capacidad individual.

4.3.3.- Número de baterías.

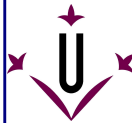
- **Baterías en paralelo**

Sabiendo la capacidad total que requiere la instalación para tener autonomía para un día, podemos proceder a calcular el numero total de batería que se debe conectar en paralelo para conseguir dicha capacidad de la siguiente forma.

$$N^{\circ}bat.p = Cbat / C$$

$N^{\circ}bat.p$: Número total de batería en paralelo.

Cbat. : Capacidad de acumulación de la baterías, Cbat. = **1.107 Ah**.

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 53/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

C : Capacidad de una batería, C = 200 Ah/bat

$$N^{\circ}bat.p = 1.107 \text{ Ah} / 200 \text{ Ah/bat.}$$

$$N^{\circ}bat.p \approx 6 \text{ batería}^9.$$

- **Numero de baterías en serie**

El sistema de acumulación trabaja a $V_{sist} = 48 \text{ VDC}$ por lo tanto, las baterías se deben conectar entre sí para satisfacer esta demanda. En consecuencia, el número de baterías en serie será:

$$N^{\circ}bat.s = V_{sist} / V_{bat.}$$

$$N^{\circ}bat.s = 48 \text{ VDC} / 12 \text{ VDC}$$

$$N^{\circ}bat.s = 4 \text{ baterías.}$$

$N^{\circ}bat.s$: Número de baterías de 12 VDC en serie.

V_{sist} : Voltaje de trabajo del sistema de acumulación.

V_{bat} : Voltaje de una batería.

- **Número total de baterías requeridas.**

El número total de baterías requeridas para el funcionamiento del sistema será el producto del total de baterías en serie por el total de baterías en paralelo.

$$N^{\circ}bat = N^{\circ}bat.s * N^{\circ}bat.p$$

$$N^{\circ}bat = 4 * 6$$

$$N^{\circ}bat = 24 \text{ baterías}$$

9 Para el cálculo de unidades, si se tratan de equipos físicos, se redondea al entero superior más cercano. En ciertos casos, se redondea al entero par superior más cercano.

4.4.- Subsistema de transporte.

En esta sección se estudiará las diferentes peculiaridades de las distintas partes de los circuitos que forman parte de la instalación fotovoltaica de cara al análisis y comprensión de la misma. Los circuitos principales que nos podemos encontrar en una instalación de este tipo se describen en la tabla siguiente.

Tabla 4.11: Principales circuitos de la instalación fotovoltaica.


Sistema fotovoltaico aislada	Generador fotovoltaica - Colector
	Colector - Inversor/Regulador
	Inversor/Regulador - Baterías
	Inversor/Regulador – Receptores CA
	Inversor/Regulador – Receptores CC

Para evitar las caídas de tensión y que el calentamiento de los conductores puedan ser controlado se debe calcular y adaptar las secciones de los conductores. Para ello el conductor en cualquier condición de trabajo deberá tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior a los valores mostrados en la siguiente tabla, en referencia a la tensión nominal de la instalación fotovoltaica:

Tabla 4.12: Valores máximos de caída de tensión típicas para una instalación fotovoltaica aislada. (Fuente: ITMD).

Caída de tensión máxima entre generador y regulador	3%
Caída de tensión máxima entre inversor y batería	1%
Caída de tensión máxima entre regulador e inversor	1%
Caída de tensión máxima entre regulador y batería	1%
Caída de tensión máxima entre inversor/regulador y cargas	3%

Normalmente los terminales principales del campo generador FV son el resultado en paralelo de varias ramas de módulos, constituyendo cada una de ellas un circuito generador eléctrico secundario con su propia intensidad. En estos casos, la caída de tensión señalada será la suma correspondiente a los circuitos generadores

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 55/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

secundarios, más la correspondiente al circuito generador principal, si existe, desde la caja de conexiones principal hasta el regulador.

Todo el cableado y el conjunto de la instalación fotovoltaica cumplirá con lo establecido en la legislación vigente recogida en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.

Los positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc). Las técnicas más utilizadas para la identificación de la polaridad del cableado son utilizar cables de distintos colores o marcar las terminaciones de los mismos con cinta de distinto color. Esto último se aplica principalmente en los casos en que no existen en el mercado cables de distintos colores para las secciones de diseño resultantes. En la tabla siguiente se puede ver el código de colores habituales en instalaciones fotovoltaicas.

Criterio a:

Por regla general, en los conductores de corriente continua y corriente alterna monofásica, la sección del cable conductor de cobre se calcula de la siguiente forma:

$$S = 2 * L * I / (56 * \Delta V)$$

S: es la sección del cable conductor en milímetros cuadrados (mm²).

L: es la longitud del tramo de cable en metros (m).

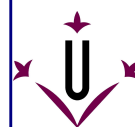
I: la intensidad que circula por el cable en amperios (A).

56: Constante de conductividad eléctrica del cobre a 29 °C (m/(mm² * Ω)).

ΔV: Caída de voltaje permitida en voltios (V).

Sin embargo, hay dos criterios más en relación al dimensionado de las secciones de los cables conductores.

Criterio b: Intensidad máxima admisible por el conductores en régimen permanente a una cierta temperatura T de funcionamiento. Dependiendo del tipo de cable elegido, y usando la normativa, se haya las intensidades correspondientes para cada sección de cableado. Se trata pues, de elegir aquella sección que permita la intensidad máxima permanente del circuito. En la siguiente tabla, extraída del libro de “*Tecnología Solar*” del coautor Sr J. I. Rosell Urrutia (*Tutor del presente Trabajo Fin de Grado*), podemos



observar los valores de la Intensidad máxima por sección normalizado de cable Cu y con recubrimiento XLPE (polietileno reticulado) como es el caso de este proyecto.

TABLA 9.7
Intensidades máximas en régimen permanente, para cables formados por conductores flexibles de Cu, aislados con polietileno reticulado (XLPE), y cubierta de policloruro de vinilo (PVC), fabricados de conformidad con la Norma UNE 21123 (IEC-502), instalados al aire, para una temperatura ambiente de 40° C (Elaborada a partir del Catálogo PIRELLI de cables de baja tensión, conductor tipo Retenax Flex)

Sección nominal (mm ²)	Intensidad máxima (A) (T _{max} conductor: 90° C) Dos cables unipolares	Intensidad máxima (A) (T _{max} conductor: 75° C ⁽¹⁾) Dos cables unipolares
1,5	27	18
2,5	36	25
4	48	33
6	64	44
10	85	59
16	115	80
25	155	108
35	190	133
50	225	157
70	285	199
95	350	245
120	405	283
150	465	325
185	535	374
240	630	441
300	730	511
400	840	588

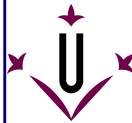
⁽¹⁾ El factor de corrección a aplicar es 0,7 (para una temperatura máxima de 75° C); la tercera columna de la tabla anterior muestra las intensidades resultantes al multiplicar la segunda columna por 0,7. En la normativa española no es necesario aplicar este factor de corrección, a diferencia de los Estados Unidos, donde su Código Eléctrico Nacional (NEC) sí que lo exige. En este ejemplo no va a aplicarse de manera explícita este factor de corrección, si bien la temperatura máxima en la mayoría de las líneas va a resultar inferior a 75° C al dimensionarse finalmente con secciones muy superiores a las dictadas por el primer criterio (como se verá, siguiendo, en la mayoría de los casos, el criterio de la caída de tensión).

Se aplicará un factor 0,9 de corrección de la tempera de 40 °C a 50 °C puesto que nos encontramos en una zona especialmente calurosa. Se aplicará un segundo factor de corrección de 0,9 para aquellos tramos donde el cable esté directamente expuesto al sol. Vea los valores de las intensidades permitidas, I (A), por sección de cable en la tercera fila de la siguiente tabla.

Tabla 13: Intensidad máxima corregida por sección cable de cobre (Cu) con recubrimiento XLPE a régimen permanente.

S (mm2)	I _{max}	I (A)
1,5	27	21,9
2,5	36	29,2
4	48	38,9
6	64	51,8
10	85	68,9
16	115	93,2
25	155	125,6
35	190	153,9
50	225	182,3

S (mm2)	I _{max}	I (A)
70	285	230,9
95	350	283,5
120	405	328,1
150	465	376,7
185	535	433,4
240	630	510,3
300	730	591,3
400	840	680,4

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 57/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

Descartamos los cálculos por este método ya que es menos restrictivo que el primer criterio. Podemos comprobar que las intensidades corregidas de la tabla anterior por cada sección son superiores a las que aparecen en la Tabla 4.14.

Criterio C: Este criterio establece la sección mínima de conductor en función del tiempo al que estará sometido el tramo una intensidad de cortocircuito. Ese tiempo viene condicionado por la características de los dispositivos de protección que tengamos en la instalación. En caso de disponer de un fusible, ese tiempo se puede estimar al rededor de los 5 segundos y en caso de un interruptor automático, menos de 0,1 segundo. La formula utilizada en ese caso para calcula la sección mínima de cable seria la siguiente:

$$s = t^{0,5} * K / I_{sc}$$

s : Sección del cable en mm²

t : tiempo que dura el cortocircuito en segundos.

K : Constante, K = 143 para Cu XLPE









I_{sc} : Intensidad de cortocircuito

Dado que la instalación dispondrá interruptores automáticos de desconexión lo cual permite que el tiempo duración del cortocircuito dure menos de 0,1 segundo. Dado que el tiempo es especialmente corto, se descarte también el criterio C.

Metodo de cálculo mediante el criterio a

El cableado del generador fotovoltaico, tanto la interconexión de los módulos como la conexión con el regulador, discurre por lo general, al menos una parte, a la intemperie. Por lo tanto se deberán tomar las medidas necesarias para que el cableado sea resistente a los efectos de la humedad y la radiación ultravioleta (cable con aislamiento adecuado, bajo tubo, etc.). En la realización del cableado al aire se evitarán tendidos desordenados, poco uniformes (con curvas abundantes y direcciones oblicuas), prestándose especial cuidado a la cuestión estética. Finalmente las secciones teóricas calculadas por la formula anterior nos permite a través de la **tabla 1 de ITC-BT-19** deducir la sección comercial que se requiera. La sección elegida debe en todo momento cumplir las restricciones de intensidad tanto la teórica calculada como la que la **tabla 1 de ITC-BT-19** nos proporciona.


Tabla 4.14: Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. N° de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR								
B		Conductores aislados en tubos ^a en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B2		Cables multiconductores en tubos ^a en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ^b					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multiconductores al aire libre ^d . Distancia a la pared no inferior a 0.3D ⁹						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo ^d . Distancia a la pared no inferior a D ⁹							3x PVC				3x XLPE o EPR ¹¹		
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁹									3x PVC ¹			3x XLPE o EPR	
Cobre			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	38	21	24	-	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166	-
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206	-
			50		94	103	117	123	133	145	159	175	188	250	-
			70				149	160	171	188	202	224	244	321	-
			95				180	194	207	230	245	271	296	391	-
			120				208	225	240	267	284	314	348	455	-
			150				236	260	278	310	338	383	404	525	-
			185				268	297	317	354	386	415	464	601	-
			240				315	350	374	419	455	490	552	711	-
			300				360	404	423	484	524	565	640	821	-

En la siguiente tabla se pueden observar los detalles de las características de los tramos.

Tabla 4.15: Tabla resumen del cálculo de las secciones S_{min} teóricas (mm²) y las correspondientes S (mm²) normalizado y comercializado de los diferentes tramos de cableado de la instalación.

Cálculo de las caídas de tensión del circuito								
Tramo	L (m)	V (V)	I (A)	%dV	dV (V)	Tipus	S _{min} (mm ²)	S (mm ²)
Campo fv – Colector	2	113,7	11,47	0,5%	0,569	CC	1,44	2,5
Campo fv – Inversor/Reg.	6	113,7	55,13	2%	2,273	CC	5,20	6
Inversor/Reg – Baterías	3	48	55,13	1%	0,480	CC	12,30	16
Inversor/Reg – Receptor 1	46	230	16,59	2%	4,600	AC	5,92	6
Inversor/Reg – Receptor 2	89	230	8,29	2%	4,600	AC	5,73	6
Inversor/Reg – Receptor 3	10	230	3,09	2%	4,600	AC	0,24	1,5
Inversor/Reg – Receptor 4	35	230	3,09	2%	4,600	AC	0,84	1,5

CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>		Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc. 2/7 pág. 59/61	<i>Boubacar Cissé</i>		

Tramos de corriente continua:

Campo fv – Inversor/Reg. : Es el tramo del cableado que conecta el campo fotovoltaico con el cuadro de conexiones del regulador.

Inversor/Reg. - Baterías : Conecta el Inversor y el Regulador con las baterías.

Tramos de corriente alterna:

Inversor/Reg. - Receptor 1 : Incluye el cableado del inversor a los dos bloques, de 3 salas docentes cada una, situados al nordeste del campus.

Inversor/Reg. - Receptor 2 : Incluye el cableado del inversor al bloque, de 3 salas docentes, situado al este del campus.

Inversor/Reg. - Receptor 3 : Incluye el cableado del inversor a la salas de maestros 1 donde también se situá el cuadro eléctrico y sus componentes y el Inversor/Regulador.

Inversor/Reg. - Receptor 4 : Incluye el cableado del inversor a la salas de maestros 2.

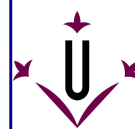
4.4.1.- Cableado de protección.

Según la norma ITC-BT-18 del REBT, los conductores de protecciones deberán ser del mismo material que los conductores activos utilizados en la instalación. en este caso serán de cobre y irán alojados en la canalización por los conductores activos de la instalación. La sección de los conductores de protección está determinada por la siguiente tabla:

Tabla 4.16: Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Atendiendo a la información de la Tabla 4.16, procedemos a escoger las secciones finales de las líneas de la instalación. El número de conductores que forman cada



línea de corriente continua, es de 3 conductores (positivo, negativo y tierra). La sección de los conductores positivo y negativo será la misma sección que el valor de la sección final adoptada. Por último, el conductor de protección (tierra) tendrá una sección, que se ha obtenido a partir de la Tabla 4.16 de este mismo apartado.

Los tubos de protección de los cables se elegirán de conformidad con la ITC-BT-21 y deberán cumplir las características según los ensayos de las normas UNE-EN 50.086-2-1 y UNE-EN 50.086-2-2. Los diámetros interiores de esos deben ser indicados por el fabricante. En función el número de cables conductores y del diámetro de esos el diámetro correspondiente del tubo se especifican en la tabla de a continuación.

Tabla 4.17: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir. (Fuente: itc-bt-21).

Sección nominal de los conductores (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

4.5.- Protecciones

Atendiendo a las instrucciones les REBT en su guía-tb-24 y la norma complementaria ITC-BT-25 se especifican la necesidad de instalación de dispositivos de protección para preservar la salud y seguridad de los usuarios. Concretamente, en la ITC-BT-25 se enumeran los dispositivos mínimos que debe tener la instalación. Los dispositivos de maniobra y protección recaen sobre un único dispositivo. Un interruptor automático (también llamado disyuntor o interruptor de potencia o magnetotérmico; PIA o pequeño interruptor automático, si <63 A) realiza ambas funciones: maniobra (conexión y desconexión), y protección (contra sobreintensidades, sobrecargas y cortocircuitos).

El inversor dispone de dispositivos de maniobra y protección ya integrados, pero como medida de seguridad añadida se pueden instalar dispositivos adicionales de seguridad. Otros dispositivos de protección como fusibles podrían proporcionar una seguridad complementaria la instalación por un coste relativamente bajo y necesidades de mantenimiento correctivos baja. En todos los casos, tanto los interruptores automáticos como los fusibles empleados deben estar diseñados para corriente continua o alterna según su ubicación en la instalación.

Aunque los fusibles e interruptores por corriente continua son diferentes a los de corriente alterna, su cálculo es similar; según la norma ITC-BT-22 del reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, un dispositivo protege contra sobrecargas a un conductor si se verifican las siguientes condiciones.

$$I_u \leq I_n \leq I_{max}$$

I_u : Corriente de funcionamiento del equipo a proteger

I_n : Corriente nominal del dispositivo de protección

I_{max} : Corriente máximo admisible por el equipo a proteger.

Teniendo en cuenta el tipo de instalación, se prescindirá de la instalación de dispositivos de protección de la parte de corriente continua dado que el Inversor/Regulador es un dispositivo que integra su propia protección y por lo tanto se simplifica y minimice los riesgos.

Por otra parte, la instalación se divide en cuatro subcircuitos independientes, especificados en la Tabla 4.18 y que en ese caso, cada uno será armado con un interruptor automático de corte omnipolar con accionamiento manual y dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos con una intensidad asignada según su aplicación.

Tabla 4.18: Circuitos independientes de la instalación y sus correspondientes interruptores automáticos de protección.

Circuito	Intensidad (A)	Interruptor automático (A)
General	24,86	25
Receptor 1	13,27	16
Receptor 2	6,64	10
Receptor 3	2,48	10
Receptor 4	2,48	10

Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko.

Estudio medioambiental


Alumno: Boubacar Cisse

Tutor: Joan I. Rosell

Documento III: Estudio medioambiental

Sumario

1.- ANTECEDENTES.....	5
2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	6
2.1.- Permisos administrativos.....	7
2.2.- Permisos medioambientales.....	7
2.3.- Viabilidad económica de la ejecución.....	8
3.- IMPACTOS.....	8
3.1 Impacto según la fase de proyecto.....	10
3.1.1.- Preparación del terreno.....	10
3.1.2.- Montaje de la instalación.....	10
3.1.3.- Puesta en marcha.....	11
3.1.4.- Desmantelamiento.....	11
3.2.- Impacto según zona de actuación del proyecto.....	11
3.2.1.- Impacto en el paisaje.....	11
3.2.2.- Impacto en la vegetación.....	12
4.- MEDIDAS DE CORRECCIÓN.....	13

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Doc 3/7 pág. 5/13	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

1.- ANTECEDENTES


En este apartado del trabajo se hará un estudio del impacto en el medio ambiente de la ejecución de este proyecto. Se define impacto ambiental como la “Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. La crecientes evoluciones de la demografía de los países, el crecimiento exponencial de las actividades industriales de las últimas décadas y finalmente la falta de compromiso serio de los países más potentes debido principalmente a cuestiones económicas, han conllevado graves problemas de contaminación e impacto ambiental y la pérdida de valiosos recursos naturales y económicos.

Hasta el último siglo el tema del cambio climático no era una cuestión esencial, pues el descuido y la falta de protección del medio ambiente han resultado severamente dañinos para los medios naturales. Los efectos negativos a día de hoy son innumbrables y las consecuencias están en el presente de hace varios años. Miles de personas viven en graves crisis de emergencia, en muchos casos, estas crisis vienen provocadas por razones ligadas a las consecuencias del cambio climático.

En la web del [Fondo Mundial para la Naturaleza](#) podemos encontrar la siguiente lista alarmante de algunas de las consecuencias que podría tener la subida de la temperatura global terrestre.

“El nivel del mar podría subir más de un metro a finales de este siglo, lo que haría desaparecer estados enteros y desplazando a millones de personas.

- *En 2050 podría haber 1.000 millones de refugiados climáticos según la ONU.*
- *El 30% de las especies podrían desaparecer al no poder adaptarse a los impactos del cambio climático.*
- *El aumento de la acidez del mar provocado por el cambio climático afectará a grandes poblaciones de peces y hasta el 90% de los arrecifes de coral podrían desaparecer.*
- *El incremento de los períodos de sequía amenaza los ríos y los cultivos en todo el mundo.*
- *El 74% del suelo de la Península Ibérica está en proceso de desertización y la tendencia seguirá aumentado.*

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Doc 3/7 pág. 6/13	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

- *La crisis climática afectará a nuestra salud, aumentando el riesgo de alergias y enfermedades tropicales provocadas por especies invasoras.¹*

Desde hace unas décadas, el mundo se está concienciando y convenciendo de que es urgentemente necesario tomar medidas para frenar el avance de esos efectos. Un ejemplo fue la [Cumbre de París del 2015 \(COP21\)](#) uno de los puntos principales fue reducir las emisiones. Se acordó entre otros objetivos:

- mantener la subida de la temperatura global muy por debajo de 2 °C sobre los niveles preindustriales.
- limitar el aumento a **1,5 °C**, lo que reducirá considerablemente los riesgos y el impacto del cambio climático.
- **que las emisiones globales alcancen su nivel máximo cuanto antes**, si bien reconocen que en los países en desarrollo el proceso será más largo.
- basadas en los mejores criterios científicos disponibles.

En su día, los acuerdos de París fueron firmados por 197 países, y a día de hoy, sólo 16 de ellos los han cumplido, entre ellos Japón y Canadá², y al menos 157 países tienen planes para conseguirlos.


Otros acuerdos importantes fueron signados. Como es el caso del protocolo de Kioto que entró en vigor el 16 de febrero de 2005. El protocolo tiene como objetivo reducir la emisión de 6 gases diferentes a la atmósfera: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso entre otros. Ese protocolo tenía hasta 180 países firmantes en el año 2011.

2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto se describirán las diferentes medidas contra los impactos negativos que pueda causar esta instalación, tanto en el medioambiente en general como en los entornos más cercanos. En todo el proyecto, ha estado presente la cuestión

¹ Fuente : www.wwf.es

² Fuente : <https://magnet.xataka.com/en-diez-minutos/solo-16-paises-estan-cumpliendo-emisiones-acuerdos-paris-irrelevantes>

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Doc 3/7 pág. 7/13	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

medioambiental y uno de los objetivos también es, a través de esta obra, contribuir en la promoción del uso de las energías limpias, sobre todo en países en vía de desarrollo que no poseen sistemas de reciclaje o centros de tratamiento de residuos, pues, en esos países recaen las consecuencias más graves del cambio climático. Las posibles actuaciones previstas en la ejecución de esta obra se limitarán a:


- Remodelación de viviendas ya existentes.
- Si fuera necesario construcción de dos habitáculos o recintos para el alojamiento de las baterías, reguladores y demás equipamiento.
- Excavación de unos 1,5 m de longitud para albergar las canalizaciones subterráneas.
- Instalación de los paneles fotovoltaicos.
- Construcción de una valla perimetral en el tejado.
- Se procurará que todo el material de construcción sea local.

2.1.- Permisos administrativos.

La escuela objeto de este proyecto es una propiedad pública y la ejecución debe alinearse a las exigencias de la autoridad competente, que en ese caso, sería el departamento regional para la educación, situado en el distrito de Kita. Por otra parte, las autoridades locales, Ayuntamiento, comunidad educativa de Badinko, asociación de madres y padres de alumnos, y finalmente el jefe del pueblo, deben estar de acuerdo con la implementación de la instalación en la escuela. En caso de haber negación por parte de uno de ellos, la comunidad educativa será la que decida.

2.2.- Permisos medioambientales.

No serán necesarios permisos especiales después de la autorización de las autoridades anteriormente mencionadas.

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Doc 3/7 pág. 8/13	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

2.3.- Viabilidad económica de la ejecución.

La situación geográfica ubica el pueblo a unos 150 km de Bamako, de donde procede la mayor parte de los materiales, y se encuentran bien conectados por carretera pavimentada. En cuanto a accesibilidad no hay problemas mayores y, el transporte de materiales podría llevarse a cabo sin grandes dificultades.

3.- IMPACTOS.

Se analiza de forma cualitativa las distintas actuaciones que se van a llevar a cabo y las etiquetaremos según creamos son beneficiosas o negativas para el medioambiente.

El tipo de acción: Directa si el efecto se manifiesta de inmediato o indirecta cuando el efecto se daba a interdependencias.

Sinergia (Si): Cuando el efecto directo de la acción se multiplica al combinarse con los producidos por otras acciones derivadas de la ejecución del proyecto.


Extensión (EX): Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto).

Características en el tiempo (Ct): Si la alteración se produce en un plazo limitado será temporal, si permanece indefinidamente será permanente.

Momento (MO) : El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t0) y el comienzo del efecto (t1).

Persistencia (PE) : Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.

Características espaciales: Si los efectos se manifiestan en el mismo lugar en el que se realiza la acción se considera localizado, si se manifiestan fuera de donde tienen lugar las acciones, independientemente de la superficie que resulte afectada se considerará extensivo.

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Doc 3/7 pág. 9/13	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

Cuenca especial: Si los efectos se perciben en el mismo lugar en el que se realiza la acción se considera próximo, si se perciben a distancia de donde tienen lugar las acciones, independientemente de la superficie que resulte afectada se considerará alejado.

Reversibilidad (RV): Si de modo natural existe la posibilidad de retornar a la situación original será el impacto reversible, en caso contrario será irreversible.

Probabilidad (PB): La probabilidad de que ocurran los efectos derivados de las acciones se clasifican en segura, alta, media y baja.


Grado de protección exigida: En el caso de existir recursos o elementos protegidos o a proteger se especifica el nivel de protección y que medidas conlleva su protección total o parcial.

Recuperabilidad (MC): Cuando existe la posibilidad de recuperar unas condiciones similares a las originales se considera recuperable (total o parcialmente). En caso contrario se considera irrecuperable. El hecho de que el impacto sea recuperable no implica que vayan a llevar a cabo la recuperación, dependiendo esto de la magnitud del impacto.

Magnitud: Se resume la valoración del efecto de la acción. Se clasifican en:

- **Compatible:** Cuando el impacto es positivo o en caso contrario la recuperación es inmediata.
- **Moderado:** Cuando se recuperan las condiciones originales a medio plazo sin necesidad de medidas correctoras. Cuando la probabilidad de que se ocasionen impactos irreversibles pero recuperables es baja.
- **Severo:** Cuando son necesarias la aplicación de medidas que corrijan total o parcialmente los efectos del impacto. Cuando hay una probabilidad alta o media de que se originen impactos irreversibles y recuperables.
- **Crítico:** Cuando las pérdidas de condiciones originales superan el umbral admisible y no son recuperables o bien cuando la probabilidad de que esto ocurra sea media o alta. Las obras que se van a realizar no son relevantes en la modificación del entorno actual, ya que simplemente se producirán unas excavaciones para la realización de la zanja, las cuales se rellenará con la misma tierra excavada.

No va a haber efectos negativos en la fauna, salvo las que se deriven de cortar el paso de pequeños vertebrados, que actualmente algunos de ellos se encuentra en peligro de

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Doc 3/7 pág. 10/13	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	---

extinció. En la zona donde se va a llevar a cabo la instalació, no existe indicis de que se trobi les dites espècies. Con respecte a la vegetació existe una espècie denominada, el *karité* que se troba en perill d'extinció. En la zona de la instalació de les plaques i la excavació del terreny per a la creació de les zanjues, no se troba dita espècie vegetal.

No existe cap afecció sobre la capacitat agronòmica ja que el sòl on se instal·laran els suports de les plaques fotovoltaïques, anteriorment era un terreny fèrtil per lo que no se destinava al ús agrícola. Tampoc se consideren afeccions a la trama hidrològica, geologia, contaminació atmosfèrica, etc... Se referirà a les afeccions que pot produir en l'entorn com al paisatge i la vegetació. Tampoc se han considerat els efectes, sense dubte, positius i difícilment quantificables dels beneficis d'aquesta activitat en quant a la millora de l'eficiència energètica i la reducció d'emissió de gasos.


3.1 Impacto según la fase de proyecto.

3.1.1.- Preparación del terreno

Se trata de la preparació del terreny i fer viable la construcció de la instal·lació. Bàsicament, consisteix en preparar i adequar les zones que se veuran afectades pel procés constructiu. Facilitar l'accessibilitat, la mobilitat i salvaguardar la seguretat dels operaris en tot el procés. No se farà cap activitat que resulti perjudicial per al terreny o els seus voltants. La vegetació del lloc no haurà de resultar afectada. No hi haurà presència de maquinària pesada ni ruidosa que pugui causar malestar o incomoditat als veïns.

3.1.2.- Montaje de la instalación.

En esta etapa se realitza el muntatge de la instal·lació incluint tots els equips necessaris. Aquesta activitat provocarà les següents situacions en la zona que hauran de tenir-se en compte: un augment del tràfic en la principal carretera que connecta l'escola amb el rest del poble, desplaçament de material semi-pesat i sorolls causats per

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Doc 3/7 pág. 11/13	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	---

motores de vehículos implicados y herramientas y el impacto visual será mínimo debido al tamaño de la instalación y la poca duración de su ejecución.

3.1.3.- Puesta en marcha

Sigue a la etapa de montaje y será menos aparatoso y ruidoso. Se tendrán en cuenta los siguientes impactos: Desechos derivados de embalajes de los equipos, producción de energía fotovoltaica. Este último resulta ser positivo por el medioambiente puesto que contribuye en la reducción de las emisiones del CO₂.

3.1.4.- Desmantelamiento.


En esta fase, se busca dejar el espacio tan limpio y ordenado como antes de la instalación. El principal reto será el reciclaje de los equipos obsoletos. La mejor opción es la reutilización de los mismos aunque en algunos casos eso será difícil o desaconsejada. Las estructuras metálicas de soporte tienen vida útil muy superior a la de los equipos eléctricos (paneles, baterías, regulador...), si se le realiza un cuidado adecuado contra la corrosión, podrán ser reutilizados sin ningún problema. Las baterías requieren un especial tratamiento en esta fase ya que contienen sustancias químicas contaminantes para las aguas y el suelo y peligrosas para la salud de las personas. Y finalmente, el abandonado del terreno en las condiciones más óptimas posibles, incluyendo la posibilidad de plantación de vegetales autóctonos.

3.2.- Impacto según zona de actuación del proyecto.

3.2.1.- Impacto en el paisaje.

La instalación se limita simplemente a abastecer la escuela y los equipos descritos en el documento II de este proyecto. No habrá actuación fuera del complejo escolar y, por lo tanto, el impacto en el paisaje exterior será mínimo o inexistente. Y como a consecuencia, la valoración con respecto a los valores cualitativos son los siguientes:

Carácter genérico: Adverso.

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Doc 3/7 pág. 12/13	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

Tipo de Acción: Directa.

Sinergia: No.

Características del tiempo: Temporal.

Características espaciales: Localizado.

Reversibilidad: Irreversible.

Probabilidad: Media.

Grado de protección: No aplica.

Recuperabilidad: Recuperable.

Medidas correctoras: No aplica.

Magnitud: Moderado.

3.2.2.- Impacto en la vegetación.

La instalación sólo afecta el interior del complejo escolar. La accesibilidad es buena y no habrá necesidad de talar ninguna plantación, árbol o arbusto para acceder. La valoración de este aspecto con respeto al criterio de valoración son los siguientes:

Tipo de Acción: Directa.

Sinergia: No existe.

Características del tiempo: Temporal.

Características espaciales: Localizado.

Reversibilidad: Reversible.


Probabilidad: Segura.

Grado de protección: No aplica.

Recuperabilidad: Recuperable.

Medidas correctoras: No aplica.

Magnitud: Compatible.

ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL Doc 3/7 pág. 13/13	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	---

4.- MEDIDAS DE CORRECCIÓN

Este apartado tiene como objetivo establecer las medidas correctoras que deberán ser llevadas a cabo después de la finalización del proceso de instalación para corregir los impactos negativos inmediatos causados. Las siguientes actuaciones deberán ser realizadas:

todas las actuaciones que derivan directa o indirectamente de la ejecución del proyecto deberán circunscribirse al denominado “ámbito de la obra” que a todos los efectos y prevaleciendo sobre lo definido en el proyecto queda definida del modo siguiente: Aquella superficie, situada según se indica en el plano, cuyo perímetro exterior queda definido por una línea situada a 2m del exterior de la parcela.

No está previsto que se produzcan excedentes, en caso de haberlos deberán servir de repuesto y se recomienda guardarlos un lugar seco y seguro. Los embalajes y desechos de productos serán tratados de la siguiente forma:

- **Papel, cartón y plástico:** reunirlos y quemarlos en un ambiente abierto y protegido. Sin la mínima posibilidad de provocar un incendio.
- **Metálicos:** Reutilizar en caso posible, en caso contrario llevar a centros de compra de metales.
- **Químicos:** Llevar en un centro autorizado de tratamiento de residuos químicos en caso posible. De no ser así, buscar profesionales con experiencia en la materia o que trabajen normalmente con residuos químicos tóxicos.

Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko.

Seguridad y Salud

Alumno: Boubacar Cisse


Tutor: Joan I. Rosell

Documento IV: Seguridad y Salud

Sumario

1.- OBJETO.....	5
2.- JUSTIFICACIÓN.....	5
3.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	5
3.1.- Título del proyecto.....	5
3.2.- Autor del Estudio Básico de Seguridad y Salud.....	6
3.3.- Promotor.....	6
3.4.- Dirección facultativa.....	6
3.5.- Coordinador de seguridad.....	6
3.6.- Ubicación de obra.....	6
3.7.- Accesos y comunicaciones.....	7
3.8.- Naturaleza de los trabajos y particularidades.....	7
3.9.- Termino ejecución.....	7
3.10.- Número de trabajadores.....	7
3.11.- Presupuesto de ejecución.....	7
3.12.- Instalaciones provisionales.....	8
3.13.- Descripción de los sistemas de atención médica.....	8
3.14.- Interferencia con otros servicios u obras.....	9
3.15.- Descripción de los procesos y programación.....	9
4.- NORMATIVA APLICABLE SOBRE SEGURIDAD EN EL CENTRO DE TRABAJO.....	10
5.- GESTIÓN PREVENTIVA.....	11
6.- EVALUACIÓN DE RIESGOS Y NORMAS DE SEGURIDAD.....	11
6.1.- Tareas de instalación eléctrica.....	12
6.1.1.- Riesgos más frecuentes.....	12
6.1.2.- Normas básicas de actuaciones:.....	13
6.2.- Instalación mecánica de captadores fotovoltaicos.....	17
6.2.1.- Riesgos más frecuentes.....	17
6.2.2.- Normas básicas de actuaciones.....	18
6.3.- Mecanismos auxiliares.....	23
6.3.1.- Riesgos más frecuentes.....	23
6.3.2.- Normas básicas de actuaciones.....	27
7.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN.....	34
7.1.- Sistemas de protección colectiva y señalización.....	34
7.2.- Trabajos de instalaciones.....	35
7.3.- Herramientas eléctricas.....	37
7.4.- Soldadura eléctrica.....	38
7.5.- Soldadura autógena.....	40
7.6.- Orden y limpieza.....	41
8.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y COMPLEMENTARIA. DESCRIPCIÓN, UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN.....	42
8.1.- Casco de seguridad.....	42
8.2.- Pantalla facial transparente.....	43
8.3.- Guantes aislantes de electricidad hasta 400 V.....	43
8.4.- Tapas anti ruido.....	44
8.5.- Máscara antipolvo.....	44
8.6.- Pantalla para soldadura eléctrica.....	45
8.7.- Gafas de seguridad contra impactos.....	45
8.8.- Gafas de seguridad para soldadura autógena.....	46
8.9.- Cinturón de seguridad.....	46
8.10.- Delantal de seguridad.....	47
8.11.- Polainas para soldador.....	47

8.12.- Botas de protección.....	47
8.13.- Manguito de protección.....	48
8.14.- Guantes de protección para trabajos mecánicos.....	48
9.- CONCLUSIÓN.....	49

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 5/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

1.- OBJETO

El presente Estudio de Seguridad y Salud ha sido redactado para cumplir con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, donde se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras y en las instalaciones, en el marco de la Ley 31/1995 del 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

2.- JUSTIFICACIÓN.

En este proyecto no se cumple ninguno de los supuestos nombrados en los apartados a), b), c) y d) de primer párrafo del artículo 4 del RD 1627/1997. El presupuesto previsto de este proyecto está muy lejos de alcanzar la cifra de 450.000€ Euros o que el numero de trabajadores simultáneos alcance los 20.


Por otra parte, la obra no es ni requiere ningún tipo de trabajo subterráneo, con lo cual, a esta obra se le puede aplicar el párrafo 2 del citado artículo 4 en el sentido de que hay que elaborar un **Estudio Básico de Seguridad y Salud**.

En el artículo 7 de este RD, el objeto del **Estudio Básico de Seguridad y Salud** servirá de base para el contratista. Este podrá elaborar el correspondiente **Plan de Seguridad y Salud en Trabajo**, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y completarán las previsiones contenidas en este documento en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

3.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.

3.1.- Título del proyecto.

Proyecto de una instalación solar fotovoltaica aislada para autoconsumo con acumulación, situada en el complejo escolar del pueblo de Badinko (Mali).

SEGURIDAD Y SALUD <i>Doc 4/7 pág. 6/49</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

3.2.- Autor del Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Boubacar Cissé – DNI/NIE: Y1677829Q
 C/ Carrer de Jaume II, 69,
 25001 Lleida
 973.702.700
 Correu electrònic: bc5@alumnes.udl.cat

3.3.- Promotor.

Escola Politècnica Superior de Lleida – Universidad de Lleida.
 C/ Carrer de Jaume II, 69,
 25001 Lleida
 973.702.700
 eps.secretariacentre@udl.cat

3.4.- Dirección facultativa.


Joan I. Rosell Urrutia
 joan.rosell@udl.cat
 Edificio CREA – Despacho 2.08
 +34 973 703568

3.5.- Coordinador de seguridad.

Según el RD 1627/1997, si la obra cuenta con la intervención de varias empresas, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante las fases de ejecución de la obra. Por lo tanto, a esta fase no será necesario designar un Coordinador.

3.6.- Ubicación de obra.

La obra se situará en la cubierta de uno de los edificios de la escuela secundaria del pueblo de Badinko.

SEGURIDAD Y SALUD <i>Doc 4/7 pág. 7/49</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

3.7.- Accesos y comunicaciones.

La escuela es fácilmente accesible puesto que se encuentra tangente de la principal carretera pavimentada que pasa por el pueblo. No hay electricidad en la zona ni en el edificio, en caso de necesidad, se podrá alquilar un grupo electrógeno y los equipos necesarios sin mucha dificultad. Hay cobertura telefónica en la zona.

3.8.- Naturaleza de los trabajos y particularidades.

Las principales actividades a realizar en la ejecución de esta obra son los siguientes:

1. Instalación de una estructura metálica de soporte en la cubierta del edificio.
2. Instalación de los módulos.
3. Instalación del sistema de cableado, la caja de conexiones y los cuadros de protecciones.
4. Uso de medios auxiliares.

3.9.- Termina ejecución.


El tiempo total previsto para la instalación no deberá superar los 7 días laborables, incluyendo las tareas citadas en el punto anterior. El Estudio Básico de Seguridad y Salud incluye la fase de **Puesta en Marcha**, pero esta fase no se incluye en esos 7 días puesto que puede estar condicionada según la naturaleza de la obra.

3.10.- Número de trabajadores.

En la Obra habrá de forma simultanea un máximo de 7 trabajadores.

3.11.- Presupuesto de ejecución.

El presupuesto de la ejecución material de esta obra es de unos SÉIS **NOVECIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS CON CINCO CÉNTIMOS** (6.953,05 €).

SEGURIDAD Y SALUD <i>Doc 4/7 pág. 8/49</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

3.12.- Instalaciones provisionales.

En un principio no hace falta y no deberá haber necesidad insalvable de uso de equipos eléctricos puesto que la escuela, a días de hoy, no tiene electricidad.

3.13.- Descripción de los sistemas de atención médica.

En caso de necesidad, Badinko dispone de un Centro de Atenciones Primarias a sólo unos 5 minutos de la escuela en coche.

CSCOM de Badinko

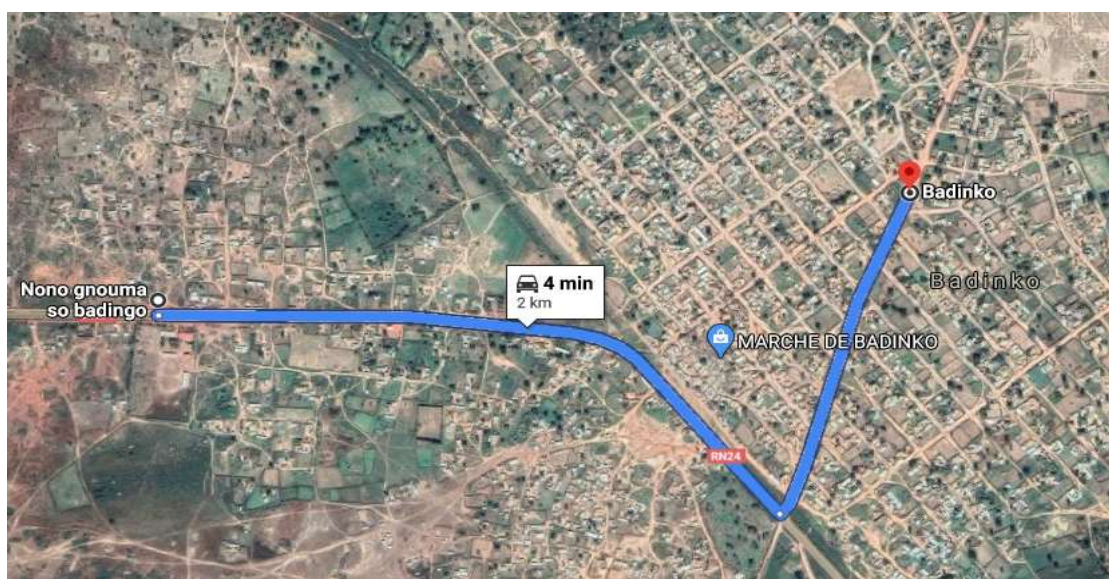


Figura 1: Ubicación del CSCOM de Badinko (Centro de Salud Comunitaria)

En caso de accidentes de mayor gravedad, se podrá acudir al Centro hospitalario de Kita, ubicado a 35 minutos de la Escuela.



Figura 2: Ubicación del Centro de Salud de Referencia de Kita.

Toda esta información estará expuesta en un panel informativo en el acceso de la obra.

3.14.- Interferencia con otros servicios u obras.

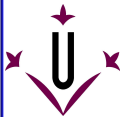
No habrá interferencia entra la obra y ninguna otra obra o servicio.

3.15.- Descripción de los procesos y programación.

El proceso de ejecución de la obra se llevará a cabo siguiendo lo establecido en la tabla de continuación.

Tabla 3.1: Planificación de la ejecución de la obra.

Descripción de la tarea	Tiempo de ejecución
Recepción e instalación de la estructura de soporte metálico.	2 día
Recepción e instalación de los módulos.	3 día
Recepción e instalación del inversor, las baterías y cableados.	
Conexión de los inversores	
Instalación y conexión de las líneas derivadas.	

SEGURIDAD Y SALUD	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
Doc 4/7 pág. 10/49	<i>Boubacar Cissé</i>	


Instalación y conexión de las protecciones en los cuadros.	1 día
Instalación y cableado de otros equipos.	
Conexión posada a tierra.	1 día
Puesta en marcha y comprobación de la instalación.	

4.- NORMATIVA APLICABLE SOBRE SEGURIDAD EN EL CENTRO DE TRABAJO

Las normas aplicadas en este proyecto con la finalidad de cumplir los requisitos básicos de la de Seguridad y Salud en el trabajo y eliminar los riesgos detectados son los siguientes:

Tabla 3.2: Resumen de las leyes básicas aplicables.

Ley de prevención de riesgos.	Ley 31/95	08/11/95	J. ESTADO	10/11/95
Reglamento de los servicios de prevención	RD 39/97	17/01/97	M. TRABAJO	31/01/97
Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en Obras de Construcción	RD 1627/97	24/10/97	VARIOS	25/10/97
Modelo del libro de incidencias	ORDEN	20/09/86	M. TRABAJO	13/10/86
Modelo de notificación de accidentes de trabajo.	ORDEN	16/12/87	-	29/12/87
Reglamento de seguridad y Higiene en el trabajo de Construcción	ORDEN	20/05/52	M. TRABAJO	15/06/52
Complementario	ORDEN	02/09/66	M. TRABAJO	01/10/66
Cuadro de enfermedades	RD 1995/78	-	-	25/08/78
Ordenanza general de seguridad y Higiene en el trabajos	ORDEN	09/03/71	M. TRABAJO	16/03/71
Corrección de errores (derogados títulos I y II; Cap: I a V)	-	-	-	06/04/71
Ordenanza trabajo de industrias de Construcción	ORDEN	28/08/79	M. TRABAJO	-
Interpretación de diversos artículos	ORDEN	21/11/70	M. TRABAJO	28/11/70

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 11/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

5.- GESTIÓN PREVENTIVA.

La prevención es un aspecto importante a tener en cuenta ya que se encuentra involucrados todos los estamentos de la empresa constructora, es tarea de todos los niveles de la misma involucrarse en las acciones encaminadas a conseguir mejorar las condiciones de trabajo, la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores.


6.- EVALUACIÓN DE RIESGOS Y NORMAS DE SEGURIDAD.

La evaluación de los riesgos relacionados con las tareas de instalación incluirá una serie de reseñas sobre la política de prevención que se deberá tener en cuenta, la evaluación de los riesgos de los trabajos más habituales que se realizan y, finalmente, una revisión de los aspectos más importantes de las normas de actuación para mejorar las condiciones generales de seguridad. Según el art. 16 de la ley de Prevención de Riesgos Laborales, la planificación de las acciones preventivas deberá ser llevado a cabo por la empresa instaladora a partir de la cual se hace una evaluación de de los riesgos previstos para la seguridad y salud de los operarios que realizarán los mismos de carácter general. Se debe tener en cuenta la naturaleza de la obra, y las relaciones de aquellos que se encuentran bajo riesgo especial.

La evaluación inicial de los riesgos que no haya podido evitarse deberá extenderse a cada uno de los puestos de trabajo de la empresa instaladora donde se den dichos riesgos. Si al realizar la evaluación de los riesgos los resultados dieran por necesario, la empresa instaladora realizará aquellas actividades de prevención de tal forma que garantice un mayor nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.

Debido al carácter variante de las condiciones de trabajos en ese tipo de obras, y coherentemente a los distintos riesgos que pueden ir apareciendo y desapareciendo a lo largo del desarrollo de los mismos, es complicado hacer una valoración individual del riesgo de cada puesto de trabajo. Hay situaciones de riesgo en las que el trabajador puede estar expuesto durante breves instantes y que sólo aparezcan en un momento dado durante el trabajo, para luego no volver a repetirse esta situación.


La evaluación de riesgo se hará de manera que sea posible identificar el mayor número posible de riesgo y los peligros que puedan darse en cada oficio, para posteriormente ir indicando una serie de recomendaciones para evitar estos peligros en la ejecución de la tarea.

SEGURIDAD Y SALUD <i>Doc 4/7 pág. 12/49</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

6.1.- Tareas de instalación eléctrica.

6.1.1.- Riesgos más frecuentes.

- Caída de operarios al mismo nivel.
- Caída de operarios a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Cortes, lesiones en las manos y pinchazos por manejo de hilos conductores y guías.
- Cortes y lesiones en pies.
- Choques o golpes con objetos y herramientas manuales.
- Lumbalgias por sobreesfuerzos o posturas inadecuadas.
- Afecciones en la piel.
- Contactos eléctricos directos con líneas eléctricas o partes activas en tensión.
- Contactos eléctricos indirectos con masas de máquinas eléctricas.
- Electrocutión o quemaduras por la deficiente protección de cuadros eléctricos.
- Electrocutión o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.
- Electrocutión o quemaduras por puenteo de los mecanismos de protección.
- Electrocutión o quemaduras por conexiones directas sin clavijas macho hembra o a través de los terminales del cable o bornes inadecuados.
- Electrocutión por uso de equipos de soldadura eléctrica.
- Electrocutión por uso de equipos de soldadura (acetileno y oxígeno).
- Riesgo de quemaduras en los ojos por intensidad lumínica.
- Quemaduras por proyección de partículas incandescentes.


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 13/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Quemaduras por contacto con objetos calientes.
- Cuerpos extraños en los ojos, proyección de partículas.
- Explosiones.
- Los derivados de trabajos de albañilería.
- Los derivados del uso de medios auxiliares (andamios, escaleras de mano, etc.).
- Los derivados del tráfico de operarios por las zonas de circulación hasta el lugar de trabajo.

6.1.2.- Normas básicas de actuaciones:

Generalidades

- El montaje de aparatos eléctricos (onduladores, magnetotérmicos, diferenciales, ...), será ejecutado por personal especialista.
- La iluminación en los tajos no será inferior a 100 lux.
- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros sin la utilización de clavijas macho – hembra.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas estarán protegidas con material aislante normalizado contra contactos con la energía eléctrica.
- En trabajos de cableado y conexionado de la instalación eléctrica en escaleras, cuando se utilicen escaleras de mano se protegerá el hueco de la escalera contra caídas.
- En trabajos de cableado y conexionado de la instalación eléctrica en balcones, terrazas, etc ..., cuando se utilicen escaleras de mano se protegerá el vacío entre las plantas con barandilla de 90 cm desde la superficie de trabajo.


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 14/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Se acotará la zona en la que pueda caer material, mediante cintas y rótulo de "PROHIBIDO".
- Para la realización de trabajos de altura superior a 2 m será imprescindible la protección del trabajador frente al riesgo de caída, bien con medidas de protección colectiva o individual. Para la utilización de equipos de soldadura será imprescindible la utilización de guantes, chaleco protector y máscaras especiales con cristal de protección contra intensidades lumínicas fuertes. Para la utilización de equipos de oxicorte serán necesarios guantes, chaleco protector y gafas de soldador.

Uso de herramientas eléctricas:

Antes de realizar la conexión:

- Verificar la conexión de la puesta a tierra si se trata de una herramienta de la clase 01.
- Se verificará, siempre, el estado del cable de alimentación sobre todo a nivel de la cubierta aislante.
- Las aberturas de ventilación del motor deben estar perfectamente destapadas por evitar sobre-aplastamientos.
- Comprobar el estado de la toma de corriente y del interruptor si la hubiera. en ningún caso deben efectuarse las tomas de corriente con los cables desnudos unidos directamente a la fuente de alimentación.
- En caso de utilizar algún tipo de alargador, se debe escoger el más adecuado en cuanto a número de hilos, tipo de bornes y aislamiento. Este aislamiento se comprobará visualmente.
- Si la herramienta eléctrica se debe utilizar en un recinto muy conductor o húmedo, será alimentada por un transformador separador de circuitos o por un transformador de seguridad. Se comprobará el estado general de los transformadores, así como el de sus cables de alimentación.
- Los transformadores de seguridad y separador de circuitos siempre se instalarán fuera del recinto donde se utilizaron las herramientas que requieren su uso.


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 15/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Al realizar la conexión:

- Las máquinas que se conectan a instalaciones que dispongan de dispositivos diferenciales de alta sensibilidad (30 mA) no requerirán ningún otro tipo de protección. Si se deben utilizar cables alargadores, debe asegurarse de que sus enchufes tengan el mismo número de bornes que la herramienta eléctrica que se conectará.
- Se debe evitar dañar los conductores eléctricos protegiéndolos de quemaduras, productos corrosivos, cortes, paso de vehículos, etc .; así como evitar facilitar las corrientes de fuga.
- En ningún momento agua u otros líquidos conductores deben penetrar en los dispositivos conductores y producir un paso de corriente a las partes metálicas, por que se colocará siempre que sea posible sobre soportes secos.
- Si se observa alguna anomalía tal como chispas y arcos eléctricos, sensación de descarga, olores extraños, calentamiento anormal de la herramienta, etc., se debe desconectar y advertir a la persona responsable de la supervisión de la herramienta.
- No se deben utilizar herramientas eléctricas con los pies mojados. En caso de hacerlo debemos tomar medidas de seguridad complementarias.
- No exponer las máquinas eléctricas a la lluvia, si no tienen un grado de protección contra la penetración de agua.
- Los aparatos de la clase II no tienen, generalmente, protección contra penetraciones líquidas.

Al terminar el trabajo:

- Las herramientas eléctricas no se deben dejar abandonadas en cualquier lugar de la obra ni tampoco a la intemperie ya que se favorece a su deterioro.
- Se deben guardar en cajas bolsas, estantes, etc. Para evitar en la medida de lo posible los golpes, proyecciones de materias calientes, materias corrosivas, agua, etc.
- Los cables tendrán un aislamiento reforzado de 440 V de tensión nominal como mínimo, siendo preferibles aquellos con un aislamiento de 1.000 V.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 16/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

Lámparas portátiles:

Antes de realizar la conexión:


- Se deberá comprobar el estado del cable de alimentación para detectar si existen daños en el aislamiento del mismo
- Verificar que el mango no presente ni grietas ni daños aparentes.
- Comprobar el buen estado de los bornes de los enchufes así como el refuerzo de protección contra dobleces.
- No se debe conectar la lámpara portátil cuando la toma de corriente presente defectos o no sea la adecuada para el tipo de bornes que se dispone.
- En ningún caso deben efectuarse las tomas de corriente con los cables desnudos unidos directamente a la fuente de alimentación.

Al realizar la conexión:

- Se debe evitar, siempre que sea posible, que se dañe el conductor de alimentación protegiéndolo especialmente contra:
 - o Las quemaduras por la proximidad de fuentes de calor.
 - o Los productos corrosivos.
 - o Los cortes producidos por útiles afilados, máquinas en funcionamiento, aristas vivas, etc.
 - o Los daños producidos por el paso de vehículos sobre ellas.
- En caso de observar alguna anomalía durante el trabajo con la lámpara portátil se debe desconectar la lámpara

Las principales anomalías son:

- o Sensación de hormigueo como resultado de una electrificación de la lámpara debido a un efecto de conexión o de los bornes del enchufe.
- o Aspiración de chispas procedentes de los cable de conexión o de los bornes

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 17/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

de enchufe.

o Olor sospechoso a quemado o aparición de humo debido a un sobrecalentamiento.

o Calentamiento anormal del cable o del borne de enchufe.

- Se debe evitar dejarlas en lugares húmedos o mojados.
- En muchos casos se pueden utilizar portátiles alimentados a tensiones de seguridad de 12 V o 24 V, a través de un transformador.


Al desconectar:

- Para desconectar el borne del enchufe tirar siempre de él y no del cable de alimentación. Se recomienda enrollar el cable y guardar la lámpara en un lugar seco.

6.2.- Instalación mecánica de captadores fotovoltaicos.

6.2.1.- Riesgos más frecuentes.

- Caída de operarios al mismo nivel.
- Caída de operarios a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío (patios interiores).
- Caída de objetos sobre operarios.
- Choques y golpes contra objetos.
- Cortes y lesiones en manos por objetos y herramientas.
- Cortes y lesiones en pies por pisadas sobre objetos punzantes.
- Lumbalgias por sobreesfuerzos o posturas inadecuadas.
- Atrapamiento y calentamiento.


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 18/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Afecciones cutáneas.
- Lesiones osteoarticulares por vibraciones o posiciones forzadas.
- Contactos eléctricos directos con líneas eléctricas o partes activas en tensión.
- Contactos eléctricos indirectos con masas de máquinas eléctricas
 - o Sopladores, en la soldadura.
 - o Proyección de partículas incandescentes.
 - o Contactos con objetos calientes.
- Cuerpos extraños en los ojos, proyección de partículas.
- Incendios y explosión (de sopladores, botellas de gases licuados, bombonas, botellas, etc.).
- Los inherentes al uso de soldadura eléctrica, oxiacetilénica y oxicorte.
- Los derivados de uso de medios auxiliares (andamios, escaleras de mano, etc.)
- Los derivados del tráfico de operarios para las zonas de acceso a la obra.
- Los derivados del tráfico de operarios por las zonas de circulación hasta el lugar de trabajo.

6.2.2.- Normas básicas de actuaciones.


Puesta a punto de la obra para realizar esta actividad:

Dado que los trabajos que se desarrollan en esta actividad se debe garantizar que las instalaciones de Higiene y Bienestar definitivas a están construidas para la ejecución del resto de la obra.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 19/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Proceso:


- El personal encargado del montaje de la instalación debe conocer los riesgos específicos y el empleo de los medios auxiliares necesarios para realizarlos con la mayor seguridad posible.
- Para evitar el riesgo de caída al mismo nivel se mantendrá la zona de trabajo limpia y ordenada.
- Para evitar el riesgo de caída a distinto nivel se respetará la barandilla de seguridad y se trabajará en todo momento anclado a la línea de vida dispuesta a tal efecto en la cubierta del edificio.
- En la manipulación de materiales se considerarán posiciones ergonómicas para evitar golpes heridas y erosiones.
- Se vigilará en todo momento la buena calidad de los aislamientos así como de la correcta posición de los interruptores diferenciales y magnetotérmicos en el cuadro de la zona.
- La iluminación mínima en zonas de trabajo debe ser de 100 lux, medidos a una altura de 2 metros sobre la superficie de trabajo.
- La iluminación mediante portátiles se hará utilizando portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla alimentados a 24 Voltios.
- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de la obra sin el uso de clavar macho – hembra.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores estarán protegidas por doble aislamiento (categoría II).
- Las herramientas de los instaladores con el aislamiento deteriorado se retirarán y se sustituirán por otros en buen estado de forma inmediata.
- Los operarios que realicen la instalación del campo de captación deberán usar casco de seguridad, guantes de cuero, mono de trabajo, botas de cuero de seguridad y cinturón de seguridad o arnés para poder anclarse a la línea de vida.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 20/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Los operarios que realicen trabajos de soplete deberán usar casco de seguridad, guantes y manguitos de cuero, mirilla con cristal ahumado, mono de trabajo, botas de cuero de seguridad, polainas de cuero y mascarilla antihumos tóxicos en caso de ser necesario.
- Los operarios que realicen trabajos de cerrajería deberán usar casco de seguridad, guantes de cuero o de neopreno según los casos, mono de trabajo, botas de cuero de seguridad, polainas de cuero y cinturón de seguridad en caso de ser necesario.


Recepción y pliego de material y maquinaria:

- Se preparará la zona del solar para estacionar los camiones de suministro de material, de tal forma que el pavimento tenga la resistencia adecuada para evitar el volcado.
- Los materiales de gran tamaño, como los captadores o las vigas para la estructura de refuerzo de la cubierta, se elevarán con una grúa móvil con la ayuda de balancines que sujetarán la carga mediante las eslingas, elevando la carga del transporte y poniéndola en el suelo en una zona preparada o directamente en la zona definitiva de la cubierta.
- Las cargas suspendidas se gobernarán mediante cuerdas fijadas a la carga y guiadas por los operarios.
- Se prohíbe expresamente guiar las cargas pesadas directamente con las manos.
- El transporte o cambio de ubicación horizontal del material se realizará mediante aparatos con el fin de evitar la acumulación de operarios y confusiones.
- Se impulsará la carga desde los lados para evitar el riesgo de caídas y golpes.
- El transporte ascendente o descendente por medio de rodillos deslizantes por rampas o lugares inclinados se llevará mediante aparatos adecuados diseñados a tal fin, y el gancho de la maniobra se anclará en un punto sólido, capaz de soportar la carga con seguridad.
- Se prohíbe el paso o acompañamiento lateral de los transporte sobre carrete de la maquinaria o material cuando la distancia libre de paso entre ésta y los

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 21/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--


paramentos verticales sea igual o inferior a 60 cm, para evitar así el riesgo de atrapamiento.

- Los aparatos mencionados anteriormente de soporte del peso del elemento elevado o ascendido por la rampa se anclarán a lugares que garanticen su resistencia.
- La ascensión o descenso a una bancada de posición de una determinada maquinaria o material ejecutará mediante el plano inclinado construido en función de la carga a soportar y con la inclinación adecuada.
- El acopio de captadores solares se ubicará en un lugar preestablecido de la obra para evitar interferencias con otras tareas.
- Las cajas contenedoras de los captadores se descargarán dobladas y atadas sobre bates o plataformas emplintadas, para evitar derrames de la carga.
- Se prohíbe utilizar las cintas de embalaje como puntos de anclaje para la descarga.
- El montaje de la maquinaria o material en la cubierta no se iniciará hasta que no se haya cerrado el perímetro de la misma, para evitar el riesgo de caídas.
- La ascensión de los captadores solares hasta cubierta se suspenderá bajo régimen de fuertes vientos para evitar el descontrol de las piezas.
- Se delimitará la zona de descarga identificándola con señales adecuadas para informar a las personas de las actividades de descarga y colocación de material en la cubierta del edificio.
- Los bloques de chapa o vigas metálicas se descargarán dobladas mediante el gancho de la grúa.
- El almacenamiento de material metálico se ubicará en lugares señalizados de la obra, para evitar interferencias con los lugares de paso.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 22/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Montaje de la estructura de refuerzo:

- Las vigas de refuerzo se suministrarán cortadas a medida y en el caso de que deban cortar se hará en lugares señalados de la obra para evitar riesgos de interferencias.
- El taller o almacén de perfiles metálicos se ubicará en un lugar preestablecido.
- Las vigas metálicas se almacenarán en paquetes sobre estructuras de reparto en los lugares señalados de la obra. Las pilas no superarán los 1,6 metros de altura.
- El transporte de tramos de perfiles de peso reducido a hombro por un solo hombre se realizará inclinando hacia atrás la carga de tal manera que el extremo delantero supere la altura de un hombre para evitar los golpes o encuentros con otros operarios.
- El montaje de vigas en la cubierta se suspenderá bajo régimen de fuertes viento para evitar el descontrol de las piezas.
- Se prohíbe expresamente guiar las vigas directamente con las manos para evitar el riesgo de caída por balanceo de la carga.
- Se prohíbe abandonar en el suelo o en la cubierta todo tipo de herramientas utilizadas para evitar accidentes por pisadas sobre estas.
- Los bancos de trabajo se mantendrán en buen estado, evitando la formación de astillas o rebabas llevarán los trabajos (las astillas o rebabas pueden ocasionar pinchazos o cortes en las manos).
- Los recortes sobrantes se irán retirando a un lugar determinado en el mismo momento que se produzcan, para su recogida y vertido posterior mediante los conductos de evacuación previstos para tal fin, evitando así el riesgo de pisadas sobre objetos.
- Se prohíbe soldar con plomo en lugares cerrados para evitar respirar atmósferas tóxicas.
- Las soldaduras con plomo se realizarán en el exterior bajo corriente de aire.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 23/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--


- El local destinado a almacenar las bombonas de gases licuados se ubicará en un lugar reseñado de la obra dotado de ventilación, puertas con cierre de seguridad e iluminación artificial. La iluminación artificial será mediante mecanismos estancos antideflagrantes de seguridad. Se colocará sobre la puerta del almacén una señal normalizada de "**Peligro de explosión**" y otra de "**Prohibido fumar**". Junto a la puerta se instalará un extintor de polvo químico.
- Se evitará soldar o utilizar el soplete con las bombonas de gases licuados expuestas al sol.

6.3.- Mecanismos auxiliares.

6.3.1.- Riesgos más frecuentes.

Andamios de estructura tubular


- Caídas de operarios al mismo nivel por:
 - o Suciedad en la plataforma de trabajo.
 - o Acumulación excesiva de material de trabajo.
 - o Diferencia de espesores de los elementos que forman el piso de la plataforma.
 - o Diferente comportamiento a flexión de los elementos que forman el piso de la plataforma.
- Caídas de operarios a distinto nivel por:
 - o Accesos inexistentes o deficientes en la plataforma de trabajo.
 - o Deficientes plataformas de trabajo.
 - o Insuficiente ancho de la plataforma de trabajo.
 - o Ausencia total o parcial de protección.
 - o Incorrecta sujeción de la plataforma a la estructura.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 24/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--


- Desplome por soportes inestables, uniones deficientes o mal arriostradas.
- Caídas de operarios al vacío.
- Desplome o colapso del andamio.
- Golpes, atrapamiento y aplastamiento durante las operaciones de montaje y desmontaje.
- Desplome o caída de objetos (tablones, herramientas, materiales, etc.) sobre los operarios.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Lumbalgias por sobreesfuerzos o posturas incorrectas.
- Contactos eléctricos directos con líneas eléctricas o partes activas en tensión.
- Contactos eléctricos indirectos con masas de máquinas eléctricas.
- Los derivados del trabajo a la intemperie y condiciones meteorológicas adversas.
- Los derivados del trabajo específico desarrollado sobre las mismas.

Andamios metálicas sobre ruedas

- Caídas de operarios al mismo nivel por:
 - o Suciedad en la plataforma de trabajo.
 - o Acumulación excesiva de material de trabajo.
 - o Diferencia de espesores de los elementos que forman el piso de la plataforma.
 - o Diferente comportamiento a flexión de los elementos que forman el piso de la plataforma.
- Caídas de operarios a distinto nivel:


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 25/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- o Accesos inexistentes o deficientes en la plataforma de trabajo.
 - o Deficientes plataformas de trabajo.
 - o Insuficiente ancho de la plataforma de trabajo.
 - o Ausencia total o parcial de protección.
 - o Soportes deficientes (bidones, palets, etc.)
 - o Incorrecta sujeción de la plataforma de trabajo a la estructura.
 - o Desplome por soportes inestables, uniones deficientes o mal arriostradas.
 - o Traslado en operarios sobre plataforma.
- Desplome o colapso del andamio.
 - Golpes, atrapamiento y aplastamiento durante las operaciones de montaje y desmontaje.
 - Desplome o caída de objetos (tablones, herramientas, materiales, etc.) sobre los operarios.
 - Golpes por objetos o herramientas.
 - Lumbalgias por sobreesfuerzos o posturas incorrectas.
 - Contactos eléctricos directos con líneas eléctricas o partes activas en tensión.
 - Contactos eléctricos indirectos con masas de máquinas eléctricas.
 - Los derivados del trabajo a la intemperie y condiciones meteorológicas adversas.
 - Los derivados de desplazamientos incontrolados del andamio.
 - Los derivados del trabajo específico a desarrollar sobre las mismas.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 26/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

Escalera de mano

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel o al vacío por:
 - o Desequilibrios subiendo cargas.
 - o Desequilibrios en inclinarse lateralmente para efectuar trabajos.
 - o Rotura de escalones o montantes.
 - o Subida o bajada de espaldas a la escalera.
 - o Mala posición del cuerpo, manos o pies.
 - o Oscilación de la escalera.
 - o Gestos bruscos de operario.
- Caídas de objetos sobre otras personas.
 - Deslizamiento o vuelco lateral de la cabeza de la escalera por apoyo precario o irregular, mala situación, viento o deslizamiento lateral del operario.
 - Deslizamiento del pie de la escalera por ausencia de bases antideslizantes, poca inclinación, apoyo en pendiente, etc.
 - Basculación de escalera por rotura de cuerda o cadena antiapertura en escaleras de tijera.
 - Atrapamiento por:
 - o Operaciones de plegado y desplegado en escaleras de tijera.
 - o Operaciones de extensión y retracción en escaleras extensibles.
 - o Desencaje de los herrajes de ensamblaje de los ejes de las escaleras de tijera o transformables.
 - Contactos eléctricos directos con líneas eléctricas o partes activas en tensión.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 27/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--


- Contactos eléctricos indirectos con masas de máquinas eléctricas.
- Los derivados de usos inadecuados o montajes peligrosos como:
 - o Uniones para aumentar la longitud.
 - o Escalones clavados a los largueros.
 - o Longitud insuficiente en relación con la altura a salvar.
 - o Utilización como soporte para plataformas de trabajo.
 - o Formación de plataformas de trabajo.

6.3.2.- Normas básicas de actuaciones.


Andamios.

Montaje:

- Los andamios se montarán bajo la supervisión de una persona competente, a ser posible un aparejador o arquitecto técnico.
- Los andamios deben montarse siempre sobre un fundamento preparada adecuadamente.
- En caso de que el andamio tenga que apoyarse sobre el terreno, este debe ser plano y compactado o en su defecto se apoyará el andamio sobre el tablón (durmiente) y estará claveteado en la base de apoyo del andamio, prohibiendo el apoyo sobre materiales frágiles como ladrillos, bovedillas, etc.
- Si el andamio debe apoyarse sobre marquesinas, balcones, voladizos, patios interiores, tejados, etc. Se debe consultar con el director técnico de la obra para que éste verifique la necesidad de reforzar o no las zonas de apoyo.
- Las estructuras metálicas en general requieren cálculos exactos y reglas precisas de montaje. Esto sirve también para los andamios tubulares.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 28/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--


- Por lo tanto, se dispondrá en la obra de los planos de montaje de los diferentes elementos mientras se monta el andamio con indicación de los anclajes correspondientes.
- El montaje se iniciará con la nivelación de la primera altura del andamio.
- La estructura del andamio se irá uniendo en los puntos previstos y se comprobará que estos estén bien realizados.
- La elevación de las grapas se realizará mediante polea. Estas serán izadas en recipientes metálicos que impidan su caída.
- Se colocarán barandillas de 90 cm de altura, con barra intermedia y rodapié de 20 cm en todas las plataformas de trabajo que sea necesario instalar.
- La anchura mínima de la plataforma será de 60 cm y deberá estar perfectamente anclada.
- En caso de que una línea de alta tensión esté próxima al andamio haya la posibilidad de contacto directo en la manipulación de los elementos prefabricados cuando se realice el montaje que se pueda entrar en la zona de influencia de la línea eléctrica, se tomarán las siguientes medidas:
 - o Se solicitará a la compañía suministradora por escrito que se proceda a la descarga de la línea, su desvío o en caso necesario su elevación.
 - o En caso de que lo anterior no se pueda realizar, se establecerán unas distancias mínimas de seguridad, medidas desde el punto más próximo con tensión en la andamio.
 - o Las distancias anteriormente mencionadas según información de AMYS de UNESA son:
 - 3 metros para tensión <66.000 Voltios
 - 5 metros para tensión > 66.000 Voltios
- En el caso de una línea eléctrica de baja tensión:
 - o Solicitar a la compañía suministradora por escrito el desvío de la línea.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 29/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

o En caso de que esto no sea factible, se colocará unas vainas aislantes sobre los conductores y capuchones aislantes sobre los aisladores.

Uso:

- Utilizar el equipo de protección personal y complementario.
- Los andamios deben revisarse al comenzar la jornada laboral antes de su utilización y en particular después de una prolongada interrupción del trabajo, así como después de cualquier inclemencia del tiempo, especialmente de fuertes ráfagas de viento.
- Los principales puntos a inspeccionar son:
 - o La alineación y verticalidad de los montantes.
 - o La horizontalidad de los largueros y travesaños.
 - o La adecuación de los elementos de arriostramiento tanto horizontal como vertical.
 - o El estado de los anclajes de la fachada.
 - o El correcto ensamblado de los marcos con sus pasadores.
 - o La correcta disposición y adecuación de la plataforma de trabajo a la estructura de andamio.
 - o La correcta disposición y adecuación de la barandilla de seguridad, pasamanos, barra intermedia y rodapié.
 - o La correcta disposición de los accesos.
- Se colocarán carteles de aviso en cualquier punto donde el andamio esté incompleto o sea preciso advertir de algún tipo de riesgo.
- En el uso de pequeñas máquinas eléctricas se procurará que estén equipadas con doble aislamiento y los portátiles de luz estén alimentados a 24 Voltios.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 30/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--


- En todo momento se procurará que las plataformas de trabajo estén limpias y ordenadas. Es conveniente disponer de un cajón para colocar los útiles necesarios durante la jornada de trabajo evitando dejarlos en la plataforma con el riesgo que ello conlleva.

Desmontaje:

- Los desmontaje de un andamio debe hacerse en orden inverso al montaje y en presencia de un técnico competente.
- Se prohibirá terminantemente que se lancen desde arriba los elementos del andamio los cuales deben bajar mediante mecanismos de elevación o descenso convenientemente sujetos.
Las piezas pequeñas se bajarán en una batea convenientemente atadas.
- Los elementos que componen la estructura del andamio se acumularán y retirar tanto rápidamente como sea posible en el almacén.
- Se prohibirá tajantemente que durante el montaje, uso y desmontaje los operarios pasen de un sitio a otro saltando, meciéndose, escalando o deslizándose por la estructura.
- En el caso de proximidad de línea eléctrica de alta o baja tensión se procederá tal como se indica en el montaje.

Almacenamiento:

- Los elementos del andamio se deben almacenar en un lugar protegido de las inclemencias del tiempo. Antes de su clasificación y almacenamiento se deben revisar, limpiar y pintar en caso de ser necesario.
- Hay que considerar que una empresa bien organizada es aquella que en su almacén y taller mecánico suministran sin demora a las obras la maquinaria, los útiles y las herramientas que se requieren en condiciones óptimas para su inmediata utilización.


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 31/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Andamios colgados

- Hay que efectuar antes de su uso un reconocimiento y pruebas exhaustivas, con el andamio próxima al suelo y con la correspondiente carga humana y material a la que se deberá someter.
- Se darán instrucciones especiales a los operarios para que no entren ni salgan del andamio mientras no quede garantizada la no movilidad de éste respecto al muro en sentido horizontal.
- Se vigilará frecuentemente los anclajes o contrapesos de los pescantes del andamio.
- Los pescantes deberán ser metálicos, prohibiendo expresamente la realización de los mismos mediante tablones embridados.
- Los andamios colgados deben ir equipadas de barandillas resistentes junto al muro, de 0,7 metros y en los tres lados restantes será de 0,9 metros. En los frontales y extremos irán equipadas de zócalo.
- La plataforma del andamio deberá tener como mínimo 60 cm de ancho.
- La distancia entre el paramento y el andamio debe ser inferior a 45 cm.
- Se debe mantener la horizontalidad del andamio.
- Todo andamio junto con el aparejo de ascensión llevará un mecanismo anticaída.

Andamios de "borriquetas"


- Están formadas por dos soportes en "V" invertida y un panel de 60 cm de ancho.
- Estarán perfectamente apoyados el suelo, y los tableros a utilizar en plataformas de trabajo serán previamente seleccionados y señalizados (con los lados pintados con un color específico), de manera que no sean utilizados por el otro lado para operaciones que puedan disminuir su resistencia.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 32/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--


- Tendrán una altura máxima de 1,5 m al inicio de los diferentes trabajos, la plataforma estará libre de obstáculos para evitar caídas, no colocando excesivas cargas sobre ellas.

Escaleras de mano:

- Utilizar el equipo de protección personal y complementario.
- Se usarán escaleras metálicas telescópicas donde los peligros irán soldados a los largueros.
- Los operarios irán provistos de zapatos de apoyo antideslizantes que los apoyarán sobre superficies planas.
- Se procurará que la suela de las botas y los guantes de trabajo estén limpios de grasa, barro o otros materiales que puedan propiciar que el operario resbale.
- Siempre que sea posible, se anclará firmemente la escalera por su extremo superior.
- Una escalera nunca debe ser utilizada por dos o más operarios de forma simultánea.
- Para ascender o descender por la escalera se realizará de cara a la escalera y el operario hay que aguantar los escalones.
- Para ascender o descender por la escalera hay que ir peldaño a peldaño y manteniendo siempre tres puntos de apoyo.
- Ambas manos deben estar libres para subir o bajar de una escalera.
- Dos manos y un pie deben estar bien sujetos mientras el otro pie cambia de posición.
- Dos pies y una mano deben estar bien sujetos mientras la otra mano cambia de posición.
- Se realizarán trabajos con una mano activa y la otra pasiva (cogida en la escalera). Si es necesario utilizar las dos manos, se debe utilizar el cinturón fijado a un punto fijo.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 33/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- El cinturón de seguridad no se debe ligar nunca a la escala a menos que ésta esté a su turno ligada por la parte superior.
- Su inclinación será tal que su proyección sobre el suelo será una cuarta parte de la proyección de la escalera sobre el pavimento vertical, y deberá sobresalir 1 m sobre el forjado o lugar de acceso.
- Para la realización de trabajos de altura emplearán escaleras de tijera, provistas de cadenas para impedir su apertura.
- No se debe trabajar sobre elementos alejados de ellas. Se desplazará el cuerpo como máximo hasta que la hebilla del cinturón quede confrontada con el montante.
- Las escaleras se colocarán apartadas de los elementos móviles que puedan derribarlas y fuera los lugares de paso.
- Se usarán para comunicar dos niveles diferentes de dos plantas o como medio auxiliar en los trabajos de albañilería: no tendrán una altura superior a 3 metros.
- Los materiales pesados que se necesiten izarán mediante una cuerda cuando la opere haya alcanzado su punto de trabajo y esté sujeto con el cinturón de seguridad.
- No se subirán a brazo pesos superior a 25 kg desde la escalera estando.
- En ningún caso se tirarán herramientas ni otros materiales de des arriba de la escalera, ni se tirarán desde bajo para que los coja el que está arriba.
- La altura máxima desde la que puede trabajar un operario es aquella en que el último escalón le quede a la altura de la cintura.
- No se desplazará una escala con un operario subido a la misma.
- A partir de los 2 metros de altura es obligatorio llevar el arnés puesto.


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 34/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

7.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN.

7.1.- Sistemas de protección colectiva y señalización.

Las protecciones colectivas referenciadas en las normas de seguridad estarán constituidas por:


- Conjunto de líneas de vida de cable INOX soportada mediante soportes de 300 mm anclados al forjado del edificio. Habrá que instalar una línea de vida permanente en la cubierta plana.
- Barandillas de seguridad formadas por montantes, pasamano, barra intermedia y rodapié. La altura de la barandilla debe ser de 90 cm, y el pasamano debe tener como mínimo 2,5 cm de espesor y 10 cm de altura.
- Los montantes (guarda) deberán estar situados a 2,5 metros entre ellos como máximo.
- Extintor de polvo químico seco.
- Señalización de seguridad en el trabajo según RD 485/1997, de 14 de abril, conforme a la normativa reseñada en esta actividad:
 - o Señal de advertencia de riesgo de tropiezo.
 - o Señal de advertencia de riesgo de caída a distinto nivel.
 - o Señal de advertencia de riesgo de material inflamable.
 - o Señal de prohibido pasar a los peatones.
 - o Señal de prohibido fumar.
 - o Señal de protección obligatoria de la cabeza.
 - o Señal de protección obligatoria de los pies.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 35/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- o Señal de protección obligatoria del cuerpo.
- o Señal de protección obligatoria de los pies y de las manos.
- o Señal de protección obligatoria de la vista.
- o Señal de protección obligatoria de la cara
- o Señal de uso obligatorio del cinturón de seguridad.
- Zonas de trabajo bien iluminadas.
- Las plataformas de los andamios utilizados serán de 60 cm y contarán con barandilla, barra intermedia de 20 cm en caso de superar los 3 metros.
- Las escaleras de mano a utilizar serán de tijera.
- La línea de vida que recorrerá de forma longitudinal la cubierta plana del edificio donde se ubicará el campo fotovoltaico 2, se anclará mediante los puntos necesarios a la estructura de sujeción de la misma.
- Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección, se colocarán en la obra siguiendo los criterios establecidos por la legislación vigente, reflejándose en el plan de seguridad y condiciones de salud que debe realizar la empresa constructora (Art. 7 RD 1627/1997).

7.2.-Trabajos de instalaciones.


- Medidas preventivas:
- Marquesinas rígidas.
- Barandillas.
- Pasos o pasarelas.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 36/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---

- Redes verticales.
- Andamios de seguridad.
- Mallazos.
- Listones o planchas en agujeros horizontales.
- Escalas auxiliares adecuadas.
- Escala de acceso escalonada y protegida.
- Carcasas o resguardos de protección de partes movibles de máquinas.
- Plataforma de descarga de material.
- Evacuación de escombros.
- Limpieza de las zonas de trabajo y tráfico.
- Iluminación natural o artificial.
- Andamios adecuados.

Protecciones personales

- Casco de seguridad.
- Botas de protección.
- Botas aislantes (en electricidad).
- Guantes aislantes (en electricidad).
- Estera aislante (en electricidad).
- Guantes de lona y piel.
- Gafas de seguridad.
- Máscaras de filtro químico.


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 37/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Protectores auditivos.
- Cinturón de seguridad
- Pantalla de soldador.
- Ropa de trabajo.

7.3. Herramientas eléctricas.

Medidas preventivas

- Utilizar el equipo de protección personal (1).
- Se comprobará el buen estado del cable de alimentación así como el punto de entrada en el martillo.
- Se conectará a la red con todo el cable desarrollado y mediante un borne de conexión, nunca con las puntas peladas de los cables.
- Si no hubiera protección diferencial en el lugar de conexión, ésta se efectuará a través de la caja auxiliar de conexiones con protección diferencial y magneto-térmica.
- Utilizar herramientas de clase II.
- Colocar el delantal de cuero, protección auditiva, gafas contra impactos y máscara antipolvo si existe posibilidad de ambiente polvigeno.
- No hacer funcionar la máquina en vacío sin la correspondiente herramienta y sin que esté apoyada firmemente sobre un material resistente.
- Cuando no se utilicen las herramientas se mantendrán desconectadas de la red.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 38/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Protecciones personales

Casco de seguridad.

Pantalla facial o gafas contra – impactos.

Guantes de trabajo.

Botas de protección.

Mono de trabajo.

Protectores auditivos.


Máscara antipolvo.

Delantal de cuero.

7.4.- Soldadura eléctrica.

Medidas preventivas


- Comprobar el estado del aislamiento de los cables y conexiones a bornes de la máquina de soldar, la pinza lleva electrodos y la garra de tierra.
- Fijar la grapa de tierra a soldar y el electrodo en la pinza lleva electrodos.
- Ajustar el límite de corriente de la máquina de soldar al valor adecuado al electrodo (espesor y composición).
- Se conecta la máquina en el suelo y en la red con todo el cable desenrollado y mediante bornes de conexión, nunca con las puntas peladas de los cables.
- Si no hubiera protección diferencial en el lugar de conexión, ésta se efectuará a través de la caja auxiliar de conexiones con protección diferencial y magneto-térmica.
- Situarse sobre la estera aislante.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 39/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- A partir de este momento se utilizará el delantal, las polainas y la pantalla de soldador.
- Si se han utilizado líquidos clorados para la limpieza de las piezas a soldar o están galvanizadas, se procurará una ventilación adecuada del local o se realizará la soldadura exterior.
- Proveer de un extintor y dejarlo cerca del puesto de soldadura.
- Cebiar el arco procurando que el electrodo no quede pegado a la pesa y realizar la soldadura manteniendo una distancia fija entre el electrodo y la pesa.
- Se ha de controlar la dirección de las chispas para evitar incendios (pantallas, lonas incombustibles u otros medios).
- Al terminar se dejará la pinza sobre un soporte aislado.
- Si la interrupción es prolongada, se desconectará la máquina de la red.
- Durante el repicado del cordón de soldadura se debe utilizar gafas contra impactos.
- Cortar la alimentación ante cualquier modificación en el equipo de soldadura.
- En ambientes húmedos no se tocará nunca con la mano desnuda la masa donde se trabaja.
- El ayudante soldador utilizará gafas de cristales adecuadas con protección lateral.

Protecciones personales.

- Casco de seguridad.
- Pantalla de soldador.
- Gafas contra impactos.
- Guantes de trabajo de manga larga.
- Botas de protección.


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 40/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Mono de trabajo.
- Delantal de cuero y polainas.
- Estera aislante
- Separación del lugar mediante cerramientos.

7.5.- Soldadura autógena.

Medidas preventivas.

- Se prohíbe fumar.
- No arrastrar las botellas.
- No engrasar las válvulas de las botellas de oxígeno, los sopladores o manipularlos con trapos sucios de grasa.
- Los escapes se localizarán utilizando únicamente, agua con jabón.
- No invertir las mangas.
- No exponerlas a golpes ni materias corrosivas.
- Utilizar las botellas de pie o inclinadas y firmemente fijadas sobre un soporte.
- Abrir la válvula de las botellas colocándose detrás de ellas.
- Asegurarse, antes de abrir las válvulas de las botellas, que las claves del soplete están cerradas.
- Cerrar la válvula de las botellas antes de cada parada prolongada de trabajo y cerrar, a su vez, los clavos de los sopladores.
- Cerrar la llave principal y la del soplete cuando la botella no se utiliza.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 41/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- En caso de incendio de una botella de gas combustible se deberá intentar cerrar la válvula de la botella y echarle agua hasta que vuelva a tener una temperatura normal. Apagar la llama con un extintor de anhídrido carbónico.


Protecciones personales.

- Casco de seguridad.
- Pantalla ICTINEU.
- Gafas contra impactos.
- Guantes de trabajo de manga larga.
- Botas de protección.
- Mono de trabajo.
- Delantal de cuero y polainas.
- Separación del lugar mediante cierre.

7.6.- Orden y limpieza.

Medidas preventivas.

- Utilizar el equipo de protección personal.
- Realizar una limpieza diaria de los locales y zonas de trabajo.
- Proveer los puestos de trabajo de estantes, soportes, etc. para la colocación de herramientas, materiales y equipos.
- Delimitar y señalizar visiblemente las zonas destinadas a la circulación de personas y vehículos.
- Delimitar las zonas destinadas a almacenamiento.


SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 42/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- No apilar ni abandonar material fuera de las zonas destinadas a almacenamiento.
- Retirar los objetos que puedan obstruir el paso.
- Evitar la acumulación excesiva de materiales y útiles en las zonas de trabajo.
- Utilizar recipientes herméticos para las sustancias tóxicas e inflamables.
- Evitar el tendido de cables y mangueras y cuando exista, señalizar adecuadamente.
- Eliminar de forma periódica los escombros, restos de materiales, charcos y basamentos de productos con el procedimiento y equipo de protección adecuados.
- Colocar los útiles de trabajo en las lugares destinados a tal fin de forma ordenada.
- Señalizar las zonas de acceso prohibido.
- Cambiar luminarias fundidas y mantenerlas limpias de polvo.

8.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y COMPLEMENTARIA. DESCRIPCIÓN, UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN.

8.1.- Casco de seguridad.

- Construido de polietileno o material de cualidades similares, de color amarillo vivo, dispondrá de una pieza sustituible de plástico flexible que permita un ajuste preciso en el cráneo de cada usuario.
- En la parte frontal de la pieza de plástico habrá una banda absorbente para sudor, y en los laterales dos puntos simétricos para poder regular la fijación.
- Debe tener el sello de homologación de la Dirección General de Trabajo.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 43/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--


- El casco de seguridad protege contra las proyecciones sólidas y líquidas, caídas, contactos eléctricos accidentales, golpes contra objetos y radiaciones producidas por arco eléctrico. Se utilizará en todo tipo de trabajos, y especialmente en montajes, trabajos en altura y trabajos con proyecciones sólidas o líquidas. El uso correcto del casco implica ajustar la pieza ajustable de plástico en el perímetro craneal de el usuario y la papada en la barbilla, de forma que no pueda caer debido a movimientos bruscos.
- Comprobar visualmente su buen estado, en especial de la pieza de plástico y de la papada. Limpiarlo periódicamente con agua y jabón.

8.2.- Pantalla facial transparente.

- Pantalla facial abatible, transparente e incolora, sujeta a la cabeza por medio de un arnés de perímetro regulable.
- Permite el uso simultáneo de gafas graduadas. Es anticalórica, antiácidos y antiimpactos.
- Los trabajos con riesgo de proyección de partículas sólidas o líquidas. En trabajos con riesgo de radiaciones ultravioletas o de infrarrojos.
- Se debe conservar limpia de polvo y sin rayas. La limpieza debe realizarse con agua y jabón para evitar su recortado.

8.3.- Guantes aislantes de electricidad hasta 400 V.

- Fabricados en caucho sintético u otro material de similares características aislantes y mecánicas.
- En todos los trabajos que se realicen sobre elementos de instalaciones en baja tensión (hasta 380 V) que estén en tensión.
- También se utilizarán durante las operaciones previas al acondicionamiento de las instalaciones para trabajos sin tensión. Se deberán utilizar siempre recubiertos con los guantes de protección mecánica.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 44/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

- Se guardarán protegidos a la bolsa lleva guantes, evitando el contacto con grasas y con objetos cortantes o punzantes.
- Periódicamente o cuando se crea oportuno, se comprobará su estado mediante el ensayador neumático.

8.4.- Tapas anti ruido.

Los tapones antirruido constituyen una protección simple pero eficaz, para la atenuación del ruido ambiente. Están fabricados con guata de lana químicamente pura y, colocados en el oído externo, reducen el ruido unos 15 dB.

Los tapones deben utilizarse en lugares ruidosos hasta 80 dB, a partir de los cuales se ha de utilizar un tipo de insonorización más eficaz.

Los tapones antirruido son de un solo uso, es decir, una vez utilizados no deben ser utilizados de nuevo.


8.5.- Máscara antipolvo

La máscara antipolvo es la protección de las vías respiratorias por ambientes con polvo en suspensión y humos de escasa toxicidad, con un volumen de oxígeno ambiental superior al 17%.

Se utilizará la máscara antipolvo en todos los lugares de trabajo donde se genere polvo en suspensión o neblinas de manipulación de productos polvorientos o por pulverización producida por medios mecánicos.

Las mascarillas, excepto el filtro, se limpiarán después de ser usadas con un detergente muy suave y aséptico (recomendado por el fabricante) y se dejarán secar a temperatura ambiente, sin exponerlas al sol ni al calor de estufas.

Para los trabajos de soldadura y corte eléctricos, la OGSHT en su artículo 54 obliga al uso por parte del operario de pantallas de protección que eviten los riesgos inherentes de proyección de material fundido y de conjuntivitis. Esta pantalla, además de cristal ocular inactínico de protección, puede contar con un cristal incoloro con accionamiento manual para que cuando no se suelde se pueda ver el cordón de soldadura o desprender la escoria sin tener que apartar la pantalla.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 45/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Se debe utilizar la pantalla en todos los trabajos de soldadura y corte eléctricos, con los cristales inactínicos adecuados al tipo de electrodo utilizado.

8.6.- Pantalla para soldadura eléctrica.

Para los trabajos de soldadura y corte eléctricos, la OGSHT en su artículo 54 obliga al uso por parte del operario de pantallas de protección que eviten los riesgos inherentes de proyección de material fundido y de conjuntivitis. Esta pantalla, además de cristal ocular inactínico de protección, puede contar con un cristal incoloro con accionamiento manual para que cuando no se suelde se pueda ver el cordón de soldadura o desprender la escoria sin tener que apartar la pantalla.

Se debe utilizar la pantalla en todos los trabajos de soldadura y corte eléctricos, con los cristales inactínicos adecuados al tipo de electrodo utilizado.


Dado que los cristales, tanto el incoloro como el inactínico, pueden sufrir rayaduras, deben limpiar únicamente con agua y jabón para no disminuir la visibilidad. Se cuidará de mantener el dispositivo de la mirilla en buen estado de funcionamiento. La pantalla se debe guardar limpia de polvo en un lugar seco dentro de una bolsa apropiada.

8.7.- Gafas de seguridad contra impactos.

Las gafas de seguridad contra impactos tienen como misión específica conseguir una eficaz protección de los ojos ante el riesgo de impacto de objetos o partículas sólidas.

Deben adaptarse perfectamente al rostro del usuario con una completa protección lateral. Las gafas de seguridad contra impactos utilizarán en todos los trabajos en los que pueda haber proyecciones de partículas sólidas, líquidas o gaseosas: trabajos con muela de esmeril, torneado de materiales, corte con sierras, cizallas, forja, limpieza con chorros de arena, hormigonados, albañilería, excavaciones, encofrados y en general cuando pueda haber un posible contacto de los ojos con cuerpos fijos o móviles y cuando exista polvógen. No son utilizables para trabajos donde haya o pueda haber una gran intensidad lumínica.

Para evitar que la montura se rompa y conseguir que los oculares mantengan las deseables condiciones de transparencia y nitidez, las gafas deberán conservarse en su estuche y, si no lo tuviera, en unas bolsas apropiadas.

SEGURIDAD Y SALUD <i>Doc 4/7 pág. 46/49</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

8.8.- Gafas de seguridad para soldadura autógena.

Las gafas deben utilizarse para la protección del usuario cuando realice trabajos de soldadura y corte oxiacetilénico. Son gafas estándar, con la excepción concreta de los oculares que, además de ser ópticamente neutras, deben ofrecer un grado de protección adecuado al distinto tipo de trabajo que pueda presentarse en la utilización del equipo oxiacetilénico.

De uso obligatorio en los trabajos de soldadura y corte oxiacetilénico, los operarios deberán usar las gafas de seguridad para soldadura autógena, entre otros, en los trabajos siguientes:


- Talleres mecánicos, planchistería.
- Para hacer agujeros en armaduras metálicas.
- Doblado de ángulos y tubos de acero o cobre por calentamiento.
- Corte de tornillería y plancha, etc.

Al igual que para el resto de protecciones para la vista, se debe procurar que no se rayen los oculares con el polvo acumulado en los mismos. Se lavará con agua y jabón, secándose con un paño suavemente. Deberán guardarse en su funda evitando que sufran golpes o arañazos.

8.9.- Cinturón de seguridad.

El cinturón de seguridad es un equipo de protección que tiene por finalidad aguantar el cuerpo del usuario en determinados trabajos con riesgo de caída, evitando los peligros derivados de los mismos.

El cinturón de seguridad debe utilizarse en cualquier tipo de trabajo en altura, como por ejemplo en trabajos en lo alto de escaleras, andamios y en general, aquellas que se desarrollen a diferente altura.

SEGURIDAD Y SALUD <i>Doc 4/7 pág. 47/49</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

8.10.- Delantal de seguridad.

Fabricado con cuero de serraje, el delantal de cuero está formado por un delantal con peto o no y correas o hebillas para su sujeción al cuerpo del operario sobre la ropa de trabajo.

El uso del delantal de cuero será obligatorio en todos los trabajos de soldadura eléctrica, oxiacetilénica y aluminotérmica, en la manipulación de materiales cortantes, punzantes o ácidos y, en general, en todos los trabajos que puedan producir salpicaduras o proyección de materiales que puedan dañar los vestidos y el propio cuerpo del operario.

Después de su uso se deberá guardar el delantal en un lugar seco, debidamente colgado, sin dobladas y lejos de humedades y fuentes de calor. Es conveniente aplicar, periódicamente, algún tipo de grasa adecuado para que se conserve flexible. Si se ha deteriorado por cortes, roturas o agujeros, puede ser reparado. Si el deterioro es en las correas y hebillas se cambiarán por otras nuevas.

8.11.- Polainas para soldador.

Las polainas para soldador están construidas con montura metálica, a base de flexos y forradas de cuero aprietes.


Se deben utilizar en todos los trabajos de soldadura, tanto eléctrica como oxiacetilénica, y en aquellos trabajos en que sea aconsejable una protección especial de las extremidades inferiores. También es obligatoria su utilización por el ayudante del soldador.

Deben mantenerse limpias de suciedad y grasa que puedan dañar el cuero y flexos, guardándolas después de ser usadas en un lugar seco, lejos de cualquier fuente de calor y junto con el resto del equipo de soldadura.

8.12.- Botas de protección

Deben tener puntera de protección y una suela de alto poder antideslizante.

Las botas de protección son de uso obligatorio en todas las obras donde exista riesgo de caídas de objetos, golpes, aplastamiento o encarcelamiento de pies y tropiezos con aristas agudas.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 48/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Las botas de protección requieren el mantenimiento propio del calzado normal, es decir, limpiarlas periódicamente de polvo, barro o grasa y protegerlas de humedad mediante algún tipo de betún apropiado.

8.13.- Manguito de protección.

Los manguitos de protección están fabricados en cuero flor o serraje sazonado. son de forma troncocónica, con una costura lateral, con la parta estrecha permitiendo una apertura de 145 mm con una cinta elástica cosida, destinada a cerrarse sobre la muñeca del usuario. Por el material del que están fabricados, los manguitos son flexibles y suaves y llevan un colmillo en el extremo ancho por guardarlos colgados.

Los manguitos de protección del antebrazo deben utilizarse en todos los trabajos en que resulta posible la proyección de partículas sobre el operario (trabajos de soldaduras eléctricas y autógena, forja, etc.).

Para evitar arañazos, golpes, pinchazos o impregnación de grasas, es conveniente mantener los manguitos colgados por el colmillo, en un lugar convenientemente seco y limpio de polvo o simplemente en una caja o bolsa apropiada. Para evitar desgarradas no se deben mezclar con las herramientas.


8.14.- Guantes de protección para trabajos mecánicos.

Los guantes de protección para trabajos mecánicos o simplemente guantes mecánicos están confeccionados en cuero fino, muy suave y flexible, con cinco dedos, que se ajustan muy bien a la mano.

Los guantes mecánicos se utilizarán en los trabajos de manipulación de materiales que pueden producir cortes, pinchazos o abrasión con hierros, palos, piedras, cables, embalajes, maderas, cristales, cementos, etc.

También en trabajos de montaje y desmontaje de andamios, estructuras y en los que intervengan máquinas en movimiento que podrían atrapar el guante y la mano.

En general, se aplicarán en trabajos de construcción con excavadoras de zanjas, encofrados, hormigonado. Se debe advertir que no son apropiados para la manipulación de ácidos ni para sustituir los guantes dieléctricos.

SEGURIDAD Y SALUD Doc 4/7 pág. 49/49	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Deben conservarse limpios y secos, sin roturas ni descosidos, evitando que se impregnen de grasa, pintura o aceites que dificulten la manipulación de herramientas o materiales.

9.- CONCLUSIÓN

El empresario con el fin de dar cumplimiento al Art. 23 de la Ley 31/95 deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- o Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo y planificación de la acción preventiva.
- o Medidas de protección y prevención a adoptar en caso necesario.
- o Práctica de los controles de estado de salud de los trabajadores.
- o Resultado de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores.
- o Investigación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales; en caso de que se produjera un accidente es necesario investigar las causas del mismo con el fin de poder aplicar las medidas correctoras que fueran necesarias, así como para actualizar esta evaluación, si fuera necesario. Cuando ocurran debe ser avisados los Delegados de Prevención de la empresa.
- o Actualización de la evaluación; la presente evaluación debe ser revisada y actualizada cuando se produzcan cambios en el tipo o en las condiciones de trabajo, en el caso de producirse algún daño a la salud de los trabajadores.

Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko.

Pliego de condiciones


Alumno: Boubacar Cisse

Tutor: Joan I. Rosell

Documento V: Pliego de condiciones

Sumario

1.- INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.- Objeto del pliego.....	5
1.2.- Documentos Contractuales e informativos.....	5
1.3.- Compatibilidad entre documentos.....	6
2.- DISPOSICIONES TÉCNICAS.....	6
2.1.- Reglamentos.....	6
2.2.- Normativa.....	6
3.- CONDICIONES TÉCNICAS.....	7
3.1. Plan de Seguridad y Salud de obra.....	7
3.2.- Materiales.....	8
3.2.1.- Consideraciones generales.....	8
3.2.2.- Generador fotovoltaico.....	8
3.2.3.- Estructura de soporte.....	9
3.2.4.- cableado.....	9
3.2.5.- Protecciones y medida.....	10
3.3.- Ejecución de la instalación.....	11
3.3.1.- Condiciones generales.....	11
3.3.2.- Montaje de los elementos.....	11
3.3.3.- Acabados, control y aceptación.....	12
3.4.- Condiciones de mantenimiento y uso.....	12
4.- DISPOSICIONES GENERALES.....	13
4.1.- Condiciones de la dirección técnica.....	13
4.2.- Empresa instaladora o contratista.....	13
4.3.- Garantía de ejecución.....	14

PLIEGO DE CONDICIONES <i>Doc 5/7 pág. 5/14</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

1.- INTRODUCCIÓN.


En este documento se recogen las normativas a las que se someterá este proyecto. Además, también indica las condiciones constructivas de la instalación solar fotovoltaica, aislada con acumulación. Todo lo que se especifica en el presente documento deberá ser realizado de la forma en la que el documento lo explica. En caso de que no sea así, el proyectista se exime de toda responsabilidad. En caso de cambio de cualquier material o especificación descrita a continuación, se deberá especificar la dirección técnica, antes que proceder a la realización del llamado cambio.

1.1.- Objeto del pliego.

El presente documento expone las condiciones constructivas de la instalación fotovoltaica situada en el pueblo de Badinko (Kayes – Mali) en el termino municipal de Kita. Este documento determina las condiciones que deberá seguir el contratista para la ejecución de la obra y instalaciones descritas en el presente proyecto. También determinará la obligación del contratista con las instrucciones que dicta el director de la obra para resolver las dificultades que se pueden presentar a lo largo de ésta.

1.2.- Documentos Contractuales e informativos.

Este proyecto está formado por los documentos como la Memoria, el Pliego de condiciones o la Memoria de los planos de ejecución. Estos documentos son de obligatorio cumplimiento y en caso de no ser así la empresa proyectista no asumirá ningún tipo de responsabilidad. Además, el proyecto está formado por el presupuesto, este documento es de carácter informativo, por tanto, no es de obligado cumplimiento pero es recomendable.

PLIEGO DE CONDICIONES <i>Doc 5/7 pág. 6/14</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

1.3.- Compatibilidad entre documentos.

En caso de error o incompatibilidad con los diferentes documentos que contiene este proyecto, prevalecerá la información descrita en el apartado 1.2 (Documentos contractuales e informativos) del presente documento.

2.- DISPOSICIONES TÉCNICAS.

2.1.- Reglamentos


Se ha tenido en cuenta todas las especificaciones contenidas en el reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) para la realización de la parte de la instalación eléctrica de la planta solar fotovoltaica.

Para la redacción del presente documento se han seguido las instrucciones correspondientes teniendo en cuenta que se trata de una instalación aislada.

2.2.- Normativa

Para la redacción del presente proyecto se ha tenido en cuenta las siguientes reglamentaciones y normativas:

- Decreto 2617/1966, de 20 de Octubre sobre autorización de instalaciones eléctricas.
- Real Decreto 2018/1997, de 26 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de puntos de medida de los consumos de energía eléctrica.
- Ley 54/1997, del 27 de noviembre del sector eléctrico.
- Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre sobre producción de energía eléctrica para instalaciones abastecidas por recursos de energía renovables, residuos y cogeneración.
- Reglamento Electrotécnico de Baja tensión, Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto y las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT-02, 03, 04, 05, 08, 10, 18, 19, 20,

PLIEGO DE CONDICIONES Doc 5/7 pág. 7/14	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	---

21, 22,23, 24, 30 Y 40.

- Norma UNE 20.460 así como las diferentes normas UNE incluidas en el REBT.
- Real Decreto 314/2006 del 17 de marzo donde se aprueba el código técnico de la edificación CTE.
- Real Decreto Ley 1/2012 del 27 de enero en el que se establecen nuevos parámetros de retribución eléctrica para instalaciones régimen especial.
- Real Decreto Ley 9/2013 en el que se adoptan medidas urgentes para la estabilidad financiera en el sistema eléctrico español.
- Orden IET / 1045/2014 en el que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a instalaciones de producción en régimen especial.

3.- CONDICIONES TÉCNICAS.


3.1. Plan de Seguridad y Salud de obra

El contratista está obligado a seguir las condiciones que garanticen la seguridad en el trabajo y la seguridad pública. Por tanto, deberá seguir las condiciones que indica la Ley 31/1995 sobre prevención de riesgos laborales.

En caso de accidente a la hora de ejecución de la obra el contratista deberá actuar según la ley y en caso de incumplimiento será el único responsable.

Las protecciones y medidas preventivas deberán seguir normativa vigente. se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra o sin autorización del Director de Obra. Se señalizará y cerrará el perímetro de la obra así como puntos de peligro particulares dentro de la obra.

Todos los trabajadores utilizaron ropa de trabajo adecuada para las tareas a realizar en la medida posible según las disponibilidades de la zona.

PLIEGO DE CONDICIONES <i>Doc 5/7 pág. 8/14</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

3.2.- Materiales

3.2.1.- Consideraciones generales.

Para la elección de los materiales se ha seguido la norma UNE-EN 61173: 1998 para la protección contra sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos productores de energía y la norma UNE-EN 61194: 1997, que recoge los parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos autónomos, conjuntamente con otras normativas que se especificarán en cuanto sea adecuado.

3.2.2.- Generador fotovoltaico.

Se instalarán los módulos de la casa Bosch con las características descritas en la memoria y en la Memoria de Cálculos justificativos. Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino y estar certificados por algún laboratorio reconocido (como por ejemplo Laboratorio de Energía Solar Fovoltáica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT).

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible el modelo, nombre y logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie.


Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto a estas características, con carácter excepcional, se debe presentar en la memoria de solicitud y deberá ser previamente aprobada por el DO.

Los módulos deberán llevar diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y el sombreado parcial. Además, dispondrán de un grado de protección IP65 como mínimo.

Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

Para que un módulo resulte óptimo, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales a condiciones estándar deberá estar entra el margen del $\pm 5\%$ de los correspondientes valores nominales establecidos en el catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que sufra defectos de fabricación como grietas o manchas en cualquier elemento, así como falta de alineación de las células.

PLIEGO DE CONDICIONES Doc 5/7 pág. 9/14	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
--	--	--

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc ..) para la desconexión de forma independiente de cada una de las ramas del generador.

3.2.3.- Estructura de soporte.

Se instalarán las estructuras con tal de cumplir las especificaciones de la memoria, además, deberán cumplir con las especificaciones de este apartado. En caso contrario se deberá incluir en la memoria de solicitud y de diseño o proyecto un apartado justificativo de los puntos objeto de incumplimiento y su aceptación por parte de IDAE.

Los soportes estarán diseñados para resistir las sobrecargas de viento y nieve. Además, el diseño y la construcción de la estructura deberá permitir las necesarias dilataciones térmicas sin dañar la integridad física de los módulos.


El diseño de la estructura se realizará por la orientación y el ángulo de inclinación específico por generador fotovoltaico, siempre teniendo en cuenta la posibilidad o necesidad de sustitución de elementos.

Los topes de sujeción de los módulos y la propia estructura no deberá crear sombras no contempladas previamente sobre los módulos.

Los soportes deberán tener un espesor mínimo de 80 micras para eliminar necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

3.2.4.- cableado.

Por cableado de la instalación se diferencia diferentes partes. La parte donde el cableado es de corriente continua se utilizarán cables de que cumplan las normativas mencionadas en este proyecto con tensión asignada 0,6 / 1 kV con conductor de cobre con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo ya que el cable estará a la intemperie sobre bandeja según la norma UNE 21123-2. Los empalmes o derivaciones en este tramo se harán con una protección mínima de IP 44. Las bandejas Pensa utilizadas son de acero galvanizado en caliente, deberán ser resistentes a la corrosión ya los impactos.

PLIEGO DE CONDICIONES Doc 5/7 pág. 10/14	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Para todos los tramos de la instalación a la salida de las cajas de conexión de grupo utilizarán canaletas de la marca UNEX de PVC con protección contra impactos, presencia de humedad y lluvia, corrosión atmosférica, rayos UV, viento y temperatura (superior a temperatura ambiente verano y heladas invierno). No será necesaria la puesta a tierra de las canales.

Todas aquellas conexiones que no pertenezcan al diseño efectuado por el proyectista quedarán exentos de cualquier tipo de responsabilidad. Por tanto, las conexiones que forman parte del centro integrado fotovoltaico quedarán bajo la responsabilidad de la empresa distribuidora.

Los conductores deberán seguir las especificaciones descritas en la memoria del presente proyecto, cumplir con el material que se indica y con la caída de tensión correspondiente según sección. En caso de que no sea así, se informará de inmediato a la comisión técnica.


3.2.5.- Protecciones y medida.

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán sin defecto. Deben estar diseñados según los requisitos especificados en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). Cada circuito a la salida del cuadro estará protegido contra sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto a tierra según la ICT-BT-24.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. Los fusibles de protección serán de alta capacidad de ruptura y de acción rápida para evitar dañar la instalación. No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente desde la base.

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador. Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior al 0,7.

La conexión a tierra de las diferentes partes de la instalación (generador fotovoltaico, instalación en corriente alterna y centro de transformación) deberá seguir las especificaciones indicadas en la memoria.

PLIEGO DE CONDICIONES <i>Doc 5/7 pág. 11/14</i>	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

3.3.- Ejecución de la instalación

3.3.1.- Condiciones generales.

Las instalaciones eléctricas de baja tensión serán ejecutadas por instaladores eléctricos autorizados para el ejercicio de esta actividad según el Decreto 141/2009 y instrucciones técnicas complementarias ITC del RBT y deberá realizarse según lo establecido en el presente documento y en la reglamentación vigente.

La dirección técnica rechazará todas aquellas partes de la instalación que no cumplan los requisitos para ellas exigidas, obligando - a la empresa instaladora autorizada o contratista a sustituirlas a su cargo.

Se instalarán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones para las personas y para la propia instalación fotovoltaica, aseguran la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos o sobrecargas.


3.3.2.- Montaje de los elementos.

Una vez instalados los soportes se procederá a instalar los módulos fotovoltaicos. Si en algún momento hay desperfectos sobre alguno de los módulos el contratista deberá notificar al dirección técnica antes de realizar ningún cambio.

Los módulos fotovoltaicos se montarán siguiendo en todo momento las especificaciones que indica tanto los planos como la memoria. Deberán seguir exactamente de inclinación, orientación y posición mencionada en todos los casos.

El centro integrado mientras que dure la obra deberá permanecer en un rango de temperatura compradas entre 0 y 40 °C. Se realizará primero la conexión de la parte de AC y posteriormente la parte del campo solar respetando siempre la polaridad de éste, es decir, conectando primero el polo positivo del panel fotovoltaico en el polo positivo del inversor y el polo negativo del panel al polo negativo del inversor.

En todo momento la instalación eléctrica deberá estar correctamente señalizada y deberá disponer de las advertencias y instrucciones necesarias que impiden errores de interpretación, maniobras incorrectas y contactos accidentales con elementos de tensión o cualquier otro tipo de accidente.

PLIEGO DE CONDICIONES Doc 5/7 pág. 12/14	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

Todas las máquinas, aparatos principales, paneles de cuadros y circuitos deberán estar diferenciados entre sí con marcas claramente establecidas, señalizados mediante rótulos de dimensionados y estructura apropiadas para leerlos de manera fácil y comprensible.

Particularmente deben estar señalizados todos los elementos de acondicionamiento de los aparatos de maniobra y los propios aparatos incluyen la identificación de las posiciones de apertura y cierre.

3.3.3.- Acabados, control y aceptación.

Una vez finalizadas las obras la dirección técnica en presencia del contratista o empresa instaladora autorizada procederá a efectuar el reconocimiento y ensayos precisos para comprobar que las obras han sido ejecutadas siguiendo el presente proyecto y que cumplen todas las condiciones técnicas exigidas.


Se revisará la situación respecto al punto indicado por la compañía de distribución del punto de conexión de la instalación. EL sistema de fijación, material y anclaje de la estructura de apoyo. La orientación, inclinación, producción de sombras junto con las conexiones y estado de los módulos fotovoltaicos. Las conexiones y buen funcionamiento del inversor. Y por último, se realizarán pruebas de funcionamiento para las protecciones.

3.4.- Condiciones de mantenimiento y uso

El titular de la instalación eléctrica no está autorizado a realizar operaciones de modificación, reparación o mantenimiento. Estas actuaciones las realizará una empresa instaladora autorizada.

Durante la vida útil de la instalación, los propietarios deberán mantener permanentemente en buen estado la seguridad y funcionamiento de sus instalaciones, de acuerdo con sus características funcionales.

El titular de la instalación deberá presentar un contrato de mantenimiento con una empresa instaladora autorizada inscrita en el correspondiente registro administrativo, en el que figure expresamente el responsable técnico de mantenimiento como queda

PLIEGO DE CONDICIONES Doc 5/7 pág. 13/14	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

establecido en las Instrucciones y guía sobre la legalización de instalaciones eléctricas de baja tensión (Anexo VII del Decreto 141/2009, De esta manera se conseguirá no perder rendimiento en los diferentes equipos de la instalación. Además se aconseja indispensable una limpieza periódica de los módulos fotovoltaicos tal cual se especifica en la memoria.

4.- DISPOSICIONES GENERALES.

4.1.- Condiciones de la dirección técnica


La dirección técnica es la máxima autoridad en la instalación. Con independencia de las responsabilidades que la excluyan legalmente, será el único con capacidad legal para adoptar o introducir las modificaciones de diseño, constructivas o cambio de materiales que considera justificadas y sean necesarias para el buen desarrollo de la instalación.

La dirección técnica se responsabiliza de que los productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación dispongan de la documentación necesaria, así como los certificados de conformidad como las normas UNE, EN, CEI u otros que se utilicen.

4.2.- Empresa instaladora o contratista

La empresa instaladora o contratista es la persona física o jurídica legalmente establecida y inscrita en el registro industrial que utilizan los medios y organización y bajo la tutela de la dirección técnica realizará las actividades industriales relacionadas con la ejecución de la obra, la instalación, y mantenimiento de la misma.

El contratista estará obligado a cumplir con el reglamento de Higiene y seguridad en el trabajo y otras disposiciones legales de carácter social. Además el contratista deberá adoptar el máximo de medidas de seguridad para proteger a las obras, público, vehículos, animales y propiedades ajenas de daños y perjuicios. El contratista estará obligado a obtener todos los permisos, licencias y dictámenes necesarios para la ejecución del obra debiendo abonar las tasas de impuestos derivados a ellos.

PLIEGO DE CONDICIONES Doc 5/7 pág. 14/14	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

El contratista estará obligado a cumplir con los plazos que señalen el contrato y serán improrrogables, de todos modos en ocasiones excepcionales se podrá valorar y alcanzar modificar por exigencias en la realización de la instalación.

Si el contratista no cumple alguna de estas medidas impuestas por la dirección técnica, esta tendrá disponibilidad total para tomar la decisión que crea conveniente.

4.3.- Garantía de ejecución.

Tanto el proyectista como el contratista se comprometen a garantizar un buen funcionamiento de la instalación por una duración de 2 años. En caso de que no fuera así cualquier reparación será cubierta por el responsable.

Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko.

Presupuesto


Alumno: Boubacar Cisse

Tutor: Joan I. Rosell

Documento VI: Presupuesto

Sumario

- 1.- PRECIOS Y MEDICIONES.....5
 - 1.1.- Instalación.....5
 - 1.2.- Cableado.....5
 - 1.3.- Estructura de soporte.....6
 - 1.4.- Puesta de tierra.....6
 - 1.5.- Equipamientos.....6
 - 1.6.- Mano de obra.....7
- 2.- PRESUPUESTO.....7

PRESUPUESTO Doc 6/7 pág. 5/7	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	---


1.- PRECIOS Y MEDICIONES

1.1.- Instalación

Numeración	Descripción del equipo	U	Precio U	Precio T
011	Módulo Bosch Solar Energy AG, Wilhelm-Wolff-Strabe 23, 99099 Erfurt. 250 Wp (tolerancia 0 /+5Wp)	12	140 €	1.680 €
012	Inversor/Regulador Axpert MKS Off-Grid Inverter Selection Guide, 5000 VA/5000W, 48 Vdc/220 Vac	1	1.500 €	1.500 €
013	Baterías estacionarias translucidas de 6 vasos de 12V, 200 Ah, con conexiones, capacidad medida a 25 grados y C120, marca 3k modelo DIN88/DIN100	24	185 €	4.440 €
01 Total				7.620 €

1.2.- Cableado

Numeración	Descripción del equipo	ML	Precio U	Precio T
021	Cable de Conducción RS PRO, 1,5 mm², 450 / 750 V, 17,5 A, Negro, H07V-U, 100m, 6491XCable de Conducción RS PRO, 2,5 mm², 450 / 750 V, 24 A, Rojo, H07V-U, 100m, 6491X	100	0,506 €	50,60 €
022	Conductor de cobre 2,5 mm² RV-K0.6/1 kV suministrado por Solarmania energías renovables. Cable de Conducción RS PRO, 2,5 mm², 450 / 750 V, 24 A, Rojo, H07V-U, 100m, 6491X	15	0,652 €	9,78 €
023	Cable de Conducción RS PRO, 6 mm², 450 / 750 V, 41 A, Rojo, H07V-R, 100m, 2491X	350	1,63 €	570.5 €
024	Cable de Conducción RS PRO, 16 mm², 450/750 V, 76 A, Rojo, H07V-R, 100m, 6491X	10	4,48 €	44,8 €
02 Total				675,68 €

PRESUPUESTO Doc 6/7 pág. 6/7	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

1.3.- Estructura de soporte.


Numeración	Descripción del equipo	U	Precio U	Preció T
031	Estructura de soporte de seguridad antirobo.	12	45,05 €	540,58 €
03 Total				540,58 €

1.4.- Puesta de tierra.

Numeración	Descripción del equipo	U	Precio U	Preció T
041	Pica de puesta a tierra 1500x14 mm 150 micras lisa	1	15,00 €	15,00 €
042	Arqueta de puesta a tierra circular de poliéster AC-CP 20, marca KLK	1	20,00 €	20,00 €
043	Embarrado de conexionado a tierra EC 70-3, 3 grapas, acero inoxidable, 25-70mm ² , marca KLK	1	8,34 €	8,34 €
04 Total				43,34 €

1.5.- Equipamientos.

Numeración	Descripción del equipo	U	Precio U	Preció T
051	Armario cubre caldera Fig 800x500x400mm, subministrado por tu&co.	1	68,70 €	68,70 €
052	Interruptor Automático Residencial 3P-6kA 10-63A. subministrado por efectoLED	5	14,95 €	74,75 €
05 Total				143,45 €

PRESUPUESTO Doc 6/7 pág. 7/7	<i>Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko</i> <i>Boubacar Cissé</i>	 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior
---	--	--

1.6.- Mano de obra.

Numeración	Descripción del equipo	U	Precio U	Preció T
061	Costes de instalación	1		150 €
06 Total				150 €

2.- PRESUPUESTO.

Numeración	Partida	Costo
01	Instalación	7.620,00 €
02	Cableado	675,68 €
03	Estructura de soporte	540,58 €
04	Puesta de tierra	43,34 €
05	Equipamientos	143,45 €
06	Mano de obra	150 €
Total		9.173,05 €

El presupuesto requerido para la ejecución material de este proyecto asciende a **NUEVE MIL CIENTO SETENTA Y TRES EUROS CON CINCO CÉNTIMOS (9.173,05 €)**.

NOTA : Este presupuesto contiene, únicamente, las partidas de la instalación eléctrica, por lo tanto, no abarca las partidas correspondientes a la compra de equipos relacionados con el proyecto de Cooperación objeto de este proyecto. Se excluye de este presupuesto cualquier partida no mencionada en este presupuesto.

Proyecto de electrificación fotovoltaica de la escuela secundaria de Badinko.

PLANOS

Alumno: Boubacar Cisse

Tutor: Joan I. Rosell

Documento VII: PLANOS

VII Anexos: Planos

Plano 01.- SITUACIÓN

Plano 02.- EMPLAZAMIENTO

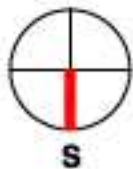
Plano 03.- ORTOFOTO / DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES

Plano 04.- DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES



ORTOFOTO DE LA SITUACIÓN DE LA ESCUELA

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	
Número de paneles	12
Potencia pico	3 kWp
Potencia nominal	2,7 kW



Proyecto	
Escuela secundaria de Badinko	
Situación	12°58'07.2"N 9°13'52.4"W
Población	Badinko (KAYES - Mali)
Plano	SITUACIÓN

Fecha Junio 2020	Escala S/E	PLANO 01
TÉCNICO DEL PROYECTO BOUBACAR CISSE		
 ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR UNIVERSITAT DE LLEIDA		



ORTOFOTO DE LA SITUACIÓN DE LA ESCUELA

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	
Número de paneles	12
Potencia pico	3 kWp
Potencia nominal	2,7 kW



Proyecto	
Escuela secundaria de Badinko	
Situación	12°58'07.2"N 9°13'52.4"W
Población	Badinko (KAYES - Mali)
Plano	EMPLAZAMIENTO

Fecha Junio 2020	Escala S/E	PLANO 02
TÉCNICO DEL PROYECTO BOUBACAR CISSE		
 ESCOLA POLITÀCNICA SUPERIOR UNIVERSITAT DE LLEIDA		



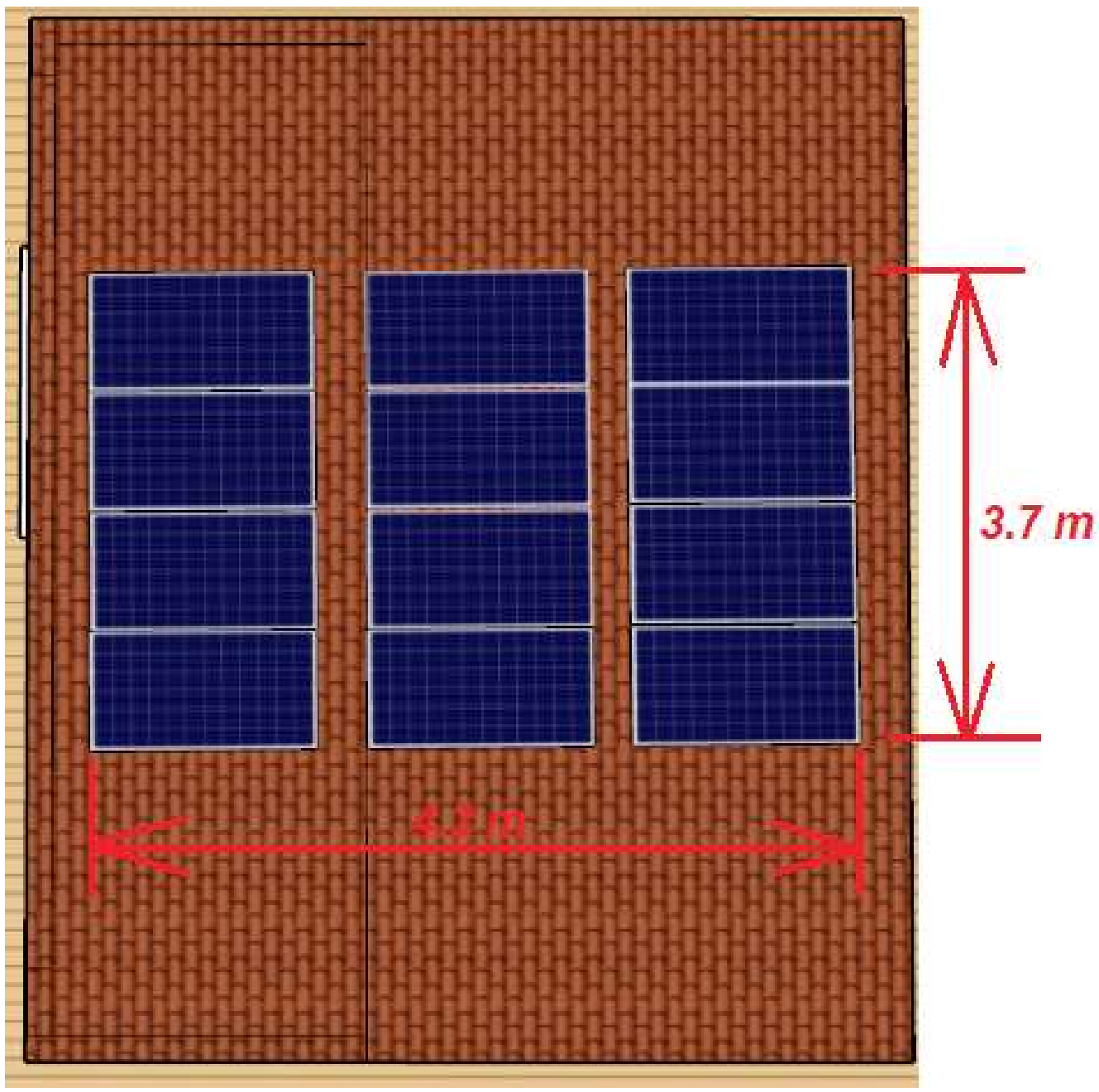
VISTA PLANTA SITUACIÓN DE LA ESCUELA (SKETCHUP)

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	
Número de paneles	12
Potencia pico	3 kWp
Potencia nominal	2,7 kW



Proyecto	
Escuela secundaria de Badinko	
Situación	12°58'07.2"N 9°13'52.4"W
Población	Badinko (KAYES - Mali)
Plano ORTOFOTO / DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES	

Fecha Junio 2020	Escala S/E	PLANO 03
TÉCNICO DEL PROYECTO BOUBACAR CISSE		
 ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR UNIVERSITAT DE LLEIDA		



VISTA PLANTA SITUACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES (SKETCHUP)

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	
Número de paneles	12
Potencia pico	3 kWp
Potencia nominal	2,7 kW



Proyecto	
Escuela secundaria de Badinko	
Situación	12°58'07.2"N 9°13'52.4"W
Población	Badinko (KAYES - Mali)
Plano	DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES

Fecha Junio 2020	Escala S/E	PLANO 04
TÉCNICO DEL PROYECTO		
BOUBACAR CISSE		
 <div> ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR UNIVERSITAT DE LLEIDA </div>		

